

译言·东西文库

# [失控]

[美] 凯文·凯利 著 张行舟等 译

全人类的  
最终命运和结局

Out of Control

## KK三部曲

观察《失控》 展望《必然》  
反思《科技想要什么》



中信出版社·CHINACITICPRESS

必然

科技想要什么

失控



中信出版社·CHINACITICPRESS

## 目录

失控

科技想要什么

必然



译言·东西文库

KK三部曲·观察

# [失控]

[美] 凯文·凯利\_著 张行舟等\_译

全人类的  
最终命运和结局

Out of Control

· 全新修订版 ·

KEVIN KELLY



中信出版社·CHINACITICPRESS



Copyright © 2013 by Phil D.Lapsley

Copyright licensed by Grove/ Atlantic, Inc.

arranged with Andrew Nurnberg Associates International Limited

本书中文简体版授权予电子工业出版社独家出版发行。未经书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何内容。

版权贸易合同登记号图字：01-2015-1861

### **图书在版编目（C I P）数据**

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第081730号

书名：失控

作者：[美] 凯文·凯利 著

王钦 小青 袁璐 张鹏 张行舟 译

策划编辑：胡南

责任编辑：刘声峰

电子书排版：张明霞

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

# 失控

[美] 凯文·凯利 著  
王钦 小青 袁璐 张鹃 张行舟 译

电子工业出版社

# 目录

致《失控》中文版的读者们

第一章 人造与天生

第二章 蜂群思维

第三章 有心智的机器

第四章 组装复杂性

第五章 共同进化

第六章 自然之流变

第七章 控制的兴起

第八章 封闭系统

第九章 “冒出”的生态圈

第十章 工业生态学

第十一章 网络经济学

第十二章 电子货币

第十三章 上帝的游戏

第十四章 在形式的图书馆中

第十五章 人工进化

第十六章 控制的未来

第十七章 开放的宇宙

第十八章 有组织的变化之架构

第十九章 后达尔文主义

第二十章 沉睡的蝴蝶

第二十一章 水往高处流

第二十二章 预言机

第二十三章 整体，空洞，以及空间

第二十四章 九律

附录 人名索引

译后记：“失控”的协作与进化

## 致《失控》中文版的读者们

二十岁那年，我用在一家货运中心打工挣的钱买了一张从新泽西到亚洲的机票。在此之前，我只结识过一位中国人，甚至连亚洲的饮食都没沾过。我不知道在这个离家万里的地方会碰到什么。当我到达的时候，我的钱包几乎空空如也；不过，我有的是时间。

在接下来的八年里，我走遍了亚洲的许多国家，间或回到美国挣些钱，然后再去往那遥远的东方。那时候我还年轻，正是接受新事物的时候，也因此，亚洲改变了我的想法——我成了一个彻头彻尾的乐天派。飞速的发展就发生在我眼前，我开始相信，一切皆有可能。

更重要的是，我开始换一种方式思考。我开始领会到大型任务如何通过去中心化的方法并借助最少的规则来完成；我懂得了并非所有的事情都要事先计划好。印度街道上车水马龙的画面始终浮现在我脑海里：熙熙攘攘的人群，伫立不动的牛群，钻来钻去的自行车，慢慢悠悠的牛车，飞驰而过的摩托车，体积庞大的货车，横冲直撞的公交车——车流混杂着羊群、牛群在仅有两条车道的路面上蠕动，却彼此相安无事。亚洲给了我新的视角。

没有人知道他们的理念究竟从何而来；我也不敢确定地说，这本书中的想法就来自于亚洲，但我想，是亚洲使我准备好了接受这些想法。我认为其中的一些想法与传统的亚洲理念是有共鸣的，譬如说，自底向上而非自顶向下地构建事物，去中心化系统的优势，人造与天生之间的连续性，等等。正因为如此，当这本思想之书被翻译成中文时，我感到万分高兴。

更令我感到高兴的是，正是我在书中所讨论的一些想法，催生了你手中的这本中文版。它并非由一位专业的作者（自顶）来完成，而是由一些业余爱好者通过一个非常松散的去中心化的网络协作（自底）完成的。我称这个过程为“蜂群思维”的体现，或者用一个更时髦的词——“众包”。虽然我在书中描绘了这种方法在自然界中是如何行之有效的，但当它成功用于我的这本书时，我仍然感到惊讶不已。

我是在1990年开始写这本书的，距今刚好有20年左右的时间。经常有人问我，在这20年中发生了什么变化，我需要做哪些更新？对于我亲爱的读者来说，好消息是，这本书在今天与在20年前同样有效，需要更新的仅仅是一些事例。研究人员们发现了越来越多的证据来更好地证明我在20年前提出的想法，而这些想法本身却很是令人惊奇地“与时俱进”。

事实上，这本书在今天比在20年前更应景。当我开始写这本书的时候，还没有万维网，因特网刚刚进入实用阶段；仿真处于初级阶段；计算机绘图还很少见；电子货币尚不为人知。虚拟生活、去中心化的力量以及由机器构成的生态等概念，即使是在美国，也没有太多意义。这些故事和逻辑看上去太抽象、太遥远。

而今天，一切都改变了。万维网，遍布全球的网络，由电话、iPad和个人计算机组成的实时网络，还有可以自动驾驶的汽车，都出现在我们眼前。我在这本书中所概括的原则显得更加必要和重要。事实上，这本书如今在美国的销量要比它当初发行时的销量还要好。

这就是我说的好消息。坏消息是，在过了20年之后，我们对于如何使大规模复杂事物运作起来的理解仍然少有进展。我很遗憾地告知大家，不论是在人工生命还是机器人技术，抑或是生态学或仿真学领域中，并没有出现新的重大思想。我们今天所知的，绝大多数是我们20年前就已知的，并且都在这本书中提及了。



我很高兴这本书得以被翻译成中文。我寄望于一些中国读者在读完本书后，可以追本溯源到原始的研究论文，并继续深入下去，发明或发现全新的理念，从而使这本书彻底“过时”。若果真如此的话，我会认为我的作品是成功的。

希望你能开卷有益，并喜欢我的下一本书：《科技想要什么》（*What Technology Wants*）。

凯文·凯利  
2010年11月  
于美国加州帕西菲卡市

# 第一章 人造与天生

## 1.1 新生物文明

我被关闭在密不透气的玻璃小屋里。在这里，我吸入的是自己呼出的气体，不过，在风扇的吹动下，空气依然清新。由众多导管、线缆、植物和沼泽微生物构成的系统回收了我的尿液和粪便，并将其还原成水和食物供我食用。说真的，食物的味道不错，水也很好喝。

昨夜，外面下了雪。玻璃小屋里却依然温暖、湿润而舒适。今天早上，厚厚的内窗上挂满了凝结的水珠。小屋里到处都是植物。大片大片的香蕉叶环绕在我的四周，那鲜亮的黄绿色暖人心房。纤细的青豆藤缠绕着，爬满了所有的墙面。屋内大约一半的植物都可食用，而我的每一顿大餐都来源于它们。

这个小屋实际上是一个太空生活试验舱。我周边大气的循环再利用完全依赖于植物及其扎根的土壤，以及那些在树叶间穿来穿去的、嗡嗡作响的管道系统。不管是这些绿色植物，还是那些笨重的机器，单靠它们自己，都不足以保证我在这个空间的生存。确切地说，是阳光供养的生物和燃油驱动的机械共同确保了 my 生存。在这个小屋内，生物和人造物已经融合成为一个稳定的系统，其目的就是养育更高级的复杂物——当下而言，就是我。

在这个千年 <sup>[1]</sup> 临近结束的时候，发生在这个玻璃小屋里的事情，也正在地球上大规模地上演着，只不过不那么明晰。造化所生的

自然王国和人类建造的人造国度正在融为一体。机器，正在生物化；而生物，正在工程化。

这种趋势正验证着某些古老的隐喻——将机器比喻为生物，将生物比喻为机器。那些比喻由来已久，古老到第一台机器诞生之时。如今，那些久远的隐喻不再只是诗意的遐想，它们正在变为现实——一种积极有益的现实。

人造与天生的联姻正是本书的主题。技术人员归纳总结了生命体和机器之间的逻辑规律，并一一应用于建造极度复杂的系统；他们正在如魔法师一般召唤出制造物和生命体并存的新奇装置。从某种程度上来说，是现有技术的局限性迫使生命与机械联姻，为我们提供有益的帮助。由于我们自己创造的这个世界变得过于复杂，我们不得不求助于自然世界以了解管理它的方法。这也就意味着，要想保证一切正常运转，我们最终制造出来的环境越机械化，可能越需要生物化。我们的未来是技术性的，但这并不意味着未来的世界一定会是灰色冰冷的钢铁世界。相反，我们的技术所引导的未来，朝向的正是一种新生物文明。

## 1.2 生物逻辑的胜利

自然一直在用她的血肉供养着人类。最早，我们从自然那里获取食物、衣着和居所。之后，我们学会了从她的生物圈里提取原材料来创造出我们自己的新的合成材料。而现在，自然又向我们敞开她的心智，让我们学习她的内在逻辑。

钟表般的精确逻辑，也即机械的逻辑，只能用来建造简单的装置。真正复杂的系统，比如细胞、草原、经济体或者大脑（不管是自然的还是人工的）都需要一种地道的非技术的逻辑。我们现在意识

到，除了生物逻辑之外，没有任何一种逻辑能够让我们组装出一台能够思想的设备，甚至不可能组装出一套可运行的大型系统。

人类能够从生物学中提取自然的逻辑并用以制造出一些有用的东西，这个发现真令人惊奇。尽管过去有很多哲学家都觉得人类能够抽象出生命的法则并将其应用到其他领域，但直到最近，当计算机以及人造系统的复杂性能够与生命体相媲美时，这种设想才有了得到验证的可能。生命中到底有多少东西是能被转化的，仍然是一个神奇的谜团。到目前为止，那些原属于生命体却成功被移植到机械系统中的特质有：自我复制、自我管理、有限的自我修复、适度进化以及局部学习。我们有理由相信，还会有更多的特质被人工合成出来，并转化成新的东西。

人们在将自然逻辑输入机器的同时，也把技术逻辑带到了生命之中。

生物工程的源动因，就是希望充分控制有机体，以便对其改进。被驯化的动植物，便正是将技术逻辑应用于生命的范例。野生胡萝卜芳香的根，经由草本植物采集者一代代的精心选培，才最终成为菜园里甜美的胡萝卜；野生牛的乳房也是通过“非自然”的方式进行了选择性增大，以满足人类而不是小牛的需求。所以说，奶牛与胡萝卜跟蒸汽机与火药一样，都是人类的发明。只不过，奶牛和胡萝卜更能代表人类在未来所要发明的东西：它们是生长出来而非被制造出来的。

基因工程所做的事情，恰如养牛人挑选更好的种牛，只不过基因工程师们运用了一种更精确并且更强大的控制手段。当胡萝卜和奶牛的培育者们不得不在冗长的自然进化基础上进行优选时，现代的基因工程师们却可以利用定向人工进化，通过目标明确的设计而大大加快物种改进的过程。

机械与生命体之间的重叠在一年年增加。这种仿生学上的融合也体现在词语上。“机械”与“生命”这两个词的含义在不断延展，直到某一天，所有结构复杂的东西都可以被看作是机器，而所有能够自维持的机器都可以被看作是有生命的。除了语义的变化，还有两种具体趋势正在发生：（1）人造物表现得越来越像生命体；（2）生命变得越来越工程化。遮在有机体与人造物之间的那层纱已经撩开，显示出两者的真面目。其实它们是，而且也一直都是本质相同的。我们知道生物领域中有诸如有机体和生态系统这样的概念，而与之相对应的人造物则包括机器人、公司、经济体、计算机回路，等等。而对于两者共有的灵魂，我们该如何命名呢？由于两者都具备生命属性，我将这些人造或天然的系统统称为“活系统”<sup>[2]</sup>。

在以后的章节中，我会对这个大一统的仿生学前沿进行一次巡礼。我所描述的活系统，有很多是“人造”的，即人类制造的机巧之物。它们真实地存在于我们周围，而绝非泛泛的理论空谈。这些活系统都是复杂且宏大的系统：全球电话系统，计算机病毒孵化器，机器人原型机，虚拟现实世界，合成的动画角色，各种人工生态系统，还有模拟整个地球的计算机模型。

自然的野性是我们深刻认识活系统的主要信息来源，也许还将是未来深入了解活系统的最重要的源泉。我要报道的新实验包括了组装生态系统、复原生物学、复制珊瑚礁、探索昆虫（蜜蜂和蚂蚁）的社会性，以及建立像我在本书开场白中所描述的那个亚利桑那州生态圈II号的复杂封闭系统。

本书所研究的活系统深奥复杂，涉及范围广泛，差别也十分巨大。从这些特殊的大系统中，我提取出了一套适用于所有大型活系统的统一原则，称之为“神律”。这套神律是所有自我维持和自我完善系统共同遵循的基本原则。

人类在创造复杂机械的进程中，一次又一次地回归自然去寻求指引。因此自然绝不仅仅是一个储量丰富的生物基因库，为我们保存一些尚未面世的能够救治未来疾患的药物。自然还是一个“文化基因库”[\[3\]](#)，是一个创意工厂。丛林中的每一个蚁丘中，都隐藏着鲜活的、后工业时代的壮丽蓝图。那些飞鸟鸣虫，那些奇花异草，还有那些从这些生命中汲取了能量的原生态的人类文化，都值得我们去呵护——不为别的，就为那些它们所蕴含着的后现代隐喻。对新生物文明来说，摧毁一片草原，毁掉的不仅仅是一个生物基因库，还毁掉了一座蕴藏着各种启示、洞见和新生物文明模型的宝藏。

## 1.3 学会向我们的造物低头

向机器中大规模地植入生物逻辑有可能使我们满怀敬畏。当人造与天生最终完全统一的时候，那些由我们制造出来的东西将会具备学习、适应、自我治愈，甚至是进化的能力。这是一种我们还很难想象的力量。数以百万计的生物机器汇聚在一起的智能，也许某天可以与人类自己的创新能力相匹敌。人类的创造力，也许总是属于那种华丽绚烂的类型，但还有另外一种类型的创造力值得一提——一种由无数默默无闻的“零件”通过永不停歇的工作而形成的缓慢而宽广的创造力。

在将生命的力量释放到我们所创造的机器中的同时，我们也丧失了对他们的控制。他们获得了野性，并因野性而获得一些意外和惊喜。之后，就是所有造物主都必须面对的两难窘境：他们将不再完全拥有自己最得意的造物。

人造世界就像天然世界一样，很快就会具有自治力、适应力以及创造力，也随之失去我们的控制。但在我看来，这却是个最美妙的结



局。

---

[1] 此书初稿成于1994年，故此处指临近2000年的时候。

[2] 活系统（vivisystem）：这是凯文·凯利造的一个词，代表所有具有生物活力特质的系统。

[3] 文化基因（meme）：也译为弥母，文化传播的最小单位，通过模仿等非遗传途径而得以代代相传。

## 第二章 蜂群思维

### 2.1 蜜蜂之道：分布式管理

在我办公室的窗下，蜂箱静静地任由忙碌的蜜蜂进进出出。夏日的午后，阳光透过树影映衬着蜂箱。阳光照射下的蜜蜂如弧形的曳光弹，发出嗡嗡的声音，钻进那黑暗的小洞口。此刻，我看着它们将熊果树花朵今年最后的花蜜零星采集回家。不久雨季将至，蜜蜂们就会躲藏起来。写作时，我会眺望窗外，而这时它们仍会继续辛勤劳作，不过是在黑暗的家中。只有在晴朗的日子里，我才能幸运地看到阳光下成千上万的蜜蜂。

养蜂多年，我曾亲手把蜂群从建筑物和树林中搬出来，以这种快捷而廉价的方式在家中建起新的蜂箱。有一年秋天，邻居砍倒了一棵空心树，我用链锯切入那倒下的老山茱萸。这可怜的树里长满了癌瘤似的蜂巢。切入树身越深，发现的蜜蜂越多。蜜蜂挤满了和我一样大小的洞。那是一个阴沉凉爽的秋日，所有的蜜蜂都待在家里，正被我的手术扰得不得安宁。最后我将手插入到蜂巢中。好热！至少有华氏95度（摄氏36度左右）。拥挤了十万只冷血蜜蜂的蜂巢已经变成热血的机体，加热了的蜂蜜像温暖稀薄的血一样流淌着。我感到仿佛刚刚把手插进了垂死的动物。

将蜜蜂群集的蜂巢视同动物的想法姗姗来迟。希腊人和罗马人都是著名的养蜂人，他们能够从自制的蜂箱收获到数量可观的蜂蜜，但尽管如此，这些古人对蜜蜂所有的认识却几乎都是错误的。其原因要

归咎于蜜蜂生活的隐密性，这是一个由上万只狂热而忠诚的武装卫士守护着的秘密。德谟克利特 [1] 认为蜜蜂的孵化和蛆如出一辙。色诺芬 [2] 分辨出了蜂后，却错误地赋予她监督的职责，而她并没有这个任务。亚里士多德 [3] 在纠正错误认识方面取得了不错的成果，包括他对于“蜜蜂统治者”将幼虫放入蜂巢隔间的精确观察。（实际上，蜜蜂初生时的确是卵，但他至少纠正了德谟克利特的蜜蜂始于蛆的误导。）文艺复兴时期，蜂后的雌性基因才得到证明，蜜蜂下腹分泌蜂蜡的秘密也才被发现。直到现代遗传学出现后，才有线索指出蜂群是彻底的母权制，而且是姐妹关系：除了少数无用的雄蜂，所有的蜜蜂都是雌性姐妹。蜂群曾经如同日蚀一样神秘、一样深不可测。

我曾观看过几次日蚀，也曾多次观察过蜂群。我观看日蚀是把它当作风景，兴趣并不大，多半是出于责任——由于它们的罕见与传说，那感觉更像是参加国庆游行。而蜂群唤起的是另一种敬畏。我见过不少次蜜蜂分群，每一次都令我痴呆若狂，也令其他所有目击者目瞪口呆。

即将离巢的蜂群是疯狂的，在蜂巢的入口处明显地躁动不安，喧闹的嗡嗡声此起彼伏，振动邻里。蜂巢开始吐出成群的蜜蜂，仿佛不仅要倾空其肠胃，还要倾空其灵魂。那微小的精灵在蜂巢上空形成喧嚣的风暴，渐渐成长为有目的、有生命、不透明的黑色小云朵。在震耳欲聋的喧闹声里，幻影慢慢升入空中，留下空空的蜂巢和令人困惑的静谧。德国神智学学者鲁道夫·斯坦纳 [4] 在其另类怪僻的《关于蜜蜂的九个讲座》（*Nine Lectures on Bees*）中写道：“正如人类的灵魂脱离人体……通过飞行的蜂群，你可以真实地看到人类灵魂分离的影像。”

许多年来，和我同区的养蜂人马克·汤普森一直有个强烈的怪诞愿望，建立一个同居蜂巢——一个你可以把头伸进去探访的活生生的蜜蜂之家。有一次，他正在院子里干活，突然一个蜂箱涌出一大群蜜

蜂，“像流淌的黑色熔岩，渐渐消溶，然后腾空而起”。由三万只蜜蜂聚结成的黑色云团形成直径20英尺（约6.1米）的黑晕，像UFO似的离地6英尺（约1.8米），正好在我们眼睛的高度。忽隐忽现的昆虫黑晕开始慢慢地漂移，一直保持离地6英尺的高度。马克终于有机会让他的同居蜂巢梦想成真了。

马克没有犹豫。他扔下工具迅速进入蜂群，光着的脑袋立刻就处在了蜜蜂旋风的中心。他小跑着与蜂群同步穿过院子，戴着蜜蜂光环，跳过一个又一个篱笆。此刻，他正跑步跟上那响声如雷的动物，他的头在它的腹部晃动。他们一起穿过公路，迅速通过一片开阔地，接着，他又跳过一个篱笆。他累了，蜜蜂却不累，它们加快了速度。这个载着蜂群的男人滑下山岗，滑进一片沼泽。他和蜜蜂犹如一头沼泽魔鬼，嗡嗡叫着，盘旋着，在瘴气中翻腾。马克在污泥中拼命摇晃着，努力保持平衡。这时，蜜蜂仿佛得到某种信号，又加快了速度。它们除去了马克头上的光环，留下湿漉漉的他独自站在那里，“气喘吁吁，快乐而惊愕”。蜂群依旧保持着齐眼的高度，从地面漂过，好似被释放的精灵，越过高速公路，消失在昏暗的松树林中。

“‘蜂群的灵魂’在哪里……它在何处驻留？”早在1901年，作家墨利斯·梅特林克 [5] 就发出了这样的疑问：“这里由谁统治，由谁发布命令，由谁预见未来……？”现在我们已经可以确定，统治者并不是蜂后。当蜂群从蜂巢前面的狭小出口涌出时，蜂后只能跟着。蜂后的女儿负责选择蜂群应该何时何地安顿下来。五六只无名工蜂在前方侦察，核查可能安置蜂巢的树洞和墙洞。他们回来后，用圈子越缩越小的舞蹈向休息的蜂群报告。在报告中，侦察员的舞蹈越夸张，说明她主张使用的地点越好。接着，一些头目们根据舞蹈的强烈程度核查几个备选地点，并以加入侦察员旋转舞蹈的方式表示同意。这就引导更多跟风者前往占上风的候选地点视察，回来之后再加入看法一致的侦察员的喧闹舞蹈，表达自己的选择。

除去侦查员外，极少有蜜蜂会去探查多个地点。蜜蜂看到一条信息：“去那儿，那儿是个好地方。”它们去看过之后便回来舞蹈说：“是的，真是个好地方。”通过这种重复强调，大家中意的地点便会吸引更多探访者，由此又有更多的探访者加入进来。按照收益递增的法则，得票越多，反对越少。渐渐地，一个大的群舞会以滚雪球的方式形成，并成为舞曲终章的主宰。最大的蜂群获胜。

这是一个白痴有、白痴享、白痴治的选举大厅，其产生的效果却极为惊人。这是民主制度的真髓，是彻底的分布式管理。曲终幕闭，按照民众的选择，蜂群挟带着蜂后和雷鸣般的嗡嗡声，向着通过群选确定的目标前进。蜂后非常谦恭地跟随着。如果她能思考，她可能会记得自己只不过是个村姑，与受命（谁的命令？）选择她的保姆是血亲姐妹。最初她只不过是个普通幼体，然后由其保姆以蜂王浆作为食物来喂养，从灰姑娘变成了蜂后。是什么样的因缘选择这个幼体作为女王呢？又是谁选择了负责挑选者呢？

“是由蜂群选择的。”威廉·莫顿·惠勒 [6] 的回答解答了人们的疑惑。威廉·莫顿·惠勒是古典学派自然哲学家和昆虫学家，最早创立了社会性昆虫研究领域。在1911年写的一篇爆炸性短文（刊登在《形态学杂志》上的《作为有机体的蚁群》）中，惠勒断言，无论从哪个重要且科学的层面上来看，昆虫群体都不仅仅是类似于有机体，而就是一个有机体。他写道：“就像一个细胞或者一个人，它表现为一个一元整体，在空间中保持自己的特性以抗拒解体……既不是一种物事，也不是一个概念，而是一种持续的波涌或进程。”

这是一个由两万个群氓合并成的整体。

## 2.2 群氓的集体智慧

拉斯维加斯，一间漆黑的会堂里，一群观众兴高采烈地挥舞着硬纸棒。纸棒的一端是红色，另一端是绿色。大会堂的最后面，有一架摄像机摄录着疯狂的参与者。摄像机将纸棒上的彩色点阵和由制图奇才罗伦·卡彭特 [7] 设置的一套计算机连接起来。卡彭特定制的软件会对会堂中每个红色和绿色的纸棒进行定位。今晚到场的有将近五千人。计算机将每个纸棒的位置及颜色精确地显示在一幅巨大而详细的视频地图上。地图就挂在前台，人人都能看到。更重要的是，计算机要计算出红色和绿色纸棒的总数，并以此数值来控制软件。观众挥舞纸棒时，屏幕上显示出一片在黑暗中疯狂舞动的光之海洋，宛如一场朋克风格的烛光游行。观众在地图上看见的自己要么是红色像素，要么是绿色像素。翻转自己的纸棒，就能在瞬间改变自己所投映出的像素颜色。

罗伦·卡彭特在大屏幕上启动了老式的视频游戏“乒乓”。“乒乓”是第一款流行的商业化视频游戏。其设置极其简单：一个白色的圆点在一个方框里跳来跳去，两边各有一个可移动的长方形，模拟球拍的作用。简单地说，就是电子乒乓球。在这个版本里，如果你举起纸棒红色的一端，则球拍上移，反之则球拍下移。更确切地说，球拍随着会场中红色纸棒的平均数的增减而上下移动。你的纸棒只是参与总体决定中的一票。

卡彭特不需要作过多解释，因为出现在这场于1991年举办的计算机图形专家会议上的与会者们可能都曾经迷恋过“乒乓”游戏。卡彭特的声音通过扬声器在大厅中回荡：“好了，伙计们。会场左边的人控制左球拍，右边的人控制右球拍。假如你认为自己在左边，那么你就是左边。明白了？开始！”

观众们兴高采烈地欢呼起来。近五千人没有片刻犹豫，玩起了乒乓大家乐，玩得还相当不错。球拍的每次移动都反应了数千玩家意向的平均值。这种感觉有时会令人茫然。球拍一般会按照你的意愿移



动，但并不总是如此。当它不合你的意向时，你会发现自己花在对球拍动向作预判上的关注力堪比对付那只正跳过来的乒乓球。每一个人都清晰地体察到，游戏里别人的智慧也在起作用：一群大呼小叫的群氓。

群体的智慧能把“乒乓”玩得这么好，促使卡彭特决定加大难度。在没有提示的情况下，球跳动得更快了。参与者齐声尖叫起来。但在一两秒之内，众人就立刻调整并加快了节奏，玩得比以前更好了。卡彭特进一步加快游戏速度，大家也立刻跟着加快速度。

“我们来试试别的，”卡彭特建议道。屏幕上显示出一张会堂座位图。他用白线在中央画了一个大圈。“你们能在圈里摆个绿色的‘5’吗？”他问观众。观众们瞪眼看着一排排红色像素。这个游戏有点像在体育场举着广告牌拼成画面，但还没有预先设置好的顺序，只有一个虚拟的映象。红色背景中立即零落地出现了绿色像素，歪歪扭扭，毫无规则地扩大，因为那些认为自己的座位在“5”的路径上的人把纸棒翻成了绿色。一个原本模糊的图形越来越清晰了。喧闹声中，观众们开始共同辨认出一个“5”。这个“5”一经认出，便陡然清晰起来。坐在图形模糊边缘的纸棒挥舞者确定了自己“应该”处的位置，使“5”字显得更加清晰。数字自己把自己拼搭出来了。

“现在，显示4！”声音响起来。瞬时出现一个“4”。“3”，眨眼功夫“3”也显示出来。接着迅速地、不断地一个个显现出“2.....1.....0”。

罗伦·卡彭特在屏幕上启动了一个飞机飞行模拟器。他简洁地说明玩法：“左边的人控制翻滚，右边的人控制机头倾角。如果你们把飞机指向任何有趣的东西，我就会向它发射火箭。”飞机初始态是在空中。飞行员则是五千名新手。会堂第一次完全静了下来。随着飞机挡风玻璃外面的情景展现出来，所有人都在研究导航仪。飞机正朝着粉色小山之间的粉色山谷中降落。跑道看上去非常窄小。

让飞机乘客共同驾驶飞机的想法既令人兴奋，又荒唐可笑。这种粗蛮的民主感觉真带劲儿。作为乘客，你有权来参与表决每个细节，不仅可以决定飞机航向，而且可以决定何时调整襟翼以改变升力。

但是，群体智慧在飞机着陆的关键时刻似乎成了不利条件，这时可没空均衡众意。当五千名与会者开始为着陆降低高度时，安静的大厅爆发出高声呼喝和急迫的口令。会堂仿佛变成了危难关头的驾驶员座舱。“绿，绿，绿！”一小部分人大声喊道。“红色再多点！”一会儿，另一大群人又喊道：“红色，红色，红——色！”飞机令人晕眩地向左倾斜。显然，它将错过跑道，机翼先着地了。飞行模拟器不像“乒乓”游戏，它从液压杆动作到机身反应，从轻推副翼杆到机身侧转，设定了一段时间的延迟反馈。这些隐藏起来的信号扰乱了群体的思维。受矫枉过正的影响，机身陷入俯仰震荡。飞机东扭西歪。但是，众人不知怎么又中断了着陆程序，理智地拉起机头复飞。他们将飞机转向，重新试着着陆。

他们是如何掉转方向的？没有人决定飞机左转还是右转，甚至转不转都没人能决定，没人作主。然而，仿佛是万众一心，飞机侧转并离场。再次试图着陆，再次摇摆不定。这次没经过沟通，众人又像群鸟乍起，再次拉起飞机。飞机在上升过程中稍稍摇摆了一下，然后又侧滚了一点。在这不可思议的时刻，五千人同时有了同样坚定的想法：“不知道能否翻转360度？”

众人没说一句话，继续翻转飞机。这下没有回头路了。随着地平线令人眼花缭乱的上下翻转，五千名外行飞行员在第一次单飞中让飞机打了个滚。那动作真是非常优美。他们起立为自己长时间鼓掌喝彩。

参与者做到了鸟儿做的事：他们成功地结成了一群。不过，他们的结群行为是自觉的。当合作形成“5”字或操纵飞机的时候，他们是对自己的总体概貌做出反应。而飞行途中的一只鸟对自己的鸟群形态并

没有全局概念。结队飞行的鸟儿对鸟群的飞行姿态和聚合是视而不见的。“群态”正是从这样一群完全罔顾其群体形状、大小或队列的生物中涌现出来的。

拂晓时分，在杂草丛生的密歇根湖上，上万只野鸭躁动不安。在清晨柔和的淡红色光辉的映照下，野鸭们吱吱嘎嘎地叫着，抖动着自己的翅膀，将头插进水里寻找早餐。它们散布在各处。突然，受到某种人类感觉不到的信号的提示，一千只鸭子如一个整体似的腾空而起。它们轰然飞上天空，随之带动湖面上另外千来只野鸭一起腾飞，仿佛它们就是一个躺着的巨人，现在翻身坐起了。这头令人震惊的巨兽在空中盘旋着，转向东方的太阳，眨眼间又急转，前队变为后队。不一会儿，仿佛受到某种单一想法的控制，整群野鸭转向西方，飞走了。17世纪的一位无名诗人写道：“……成千上万条鱼如一头巨兽游动，破浪前进。它们如同一个整体，似乎受到不可抗拒的共同命运的约束。这种一致从何而来？”

一个鸟群并不是一只硕大的鸟。科学报道记者詹姆斯·格雷克 [8] 写道：“单只鸟或一条鱼的运动，无论怎样流畅，都不能带给我们像玉米地上空满天打旋的燕八哥或百万鳊鱼鱼贯而行的密集队列所带来的震撼……（鸟群疾转逃离掠食者的）高速电影显示出，转向的动作以波状传感的方式，以大约1/70秒的速度从一只鸟传到另一只鸟，比单只鸟的反应要快得多。”鸟群远非鸟的简单聚合。

在电影《蝙蝠侠归来》中有一个场景，一大群黑色大蝙蝠一窝蜂地穿越水淹的隧道涌向纽约市中心。这些蝙蝠是由电脑制作的。动画绘制者先制作一只蝙蝠，并赋予它一定的空间，以使之能自动地扇动翅膀；然后再复制出几十个蝙蝠，直至成群。之后，让每只蝙蝠独自在屏幕上四处飞动，但要遵循算法中植入的几条简单规则：不要撞上其他的蝙蝠，跟上自己旁边的蝙蝠，离队不要太远。当这些“算法蝙蝠”在屏幕上运行起来时，就如同真的蝙蝠一样成群结队而行了。

群体规律是由克雷格·雷诺兹<sup>[9]</sup>发现的。他是在图像硬件制造商Symbolics工作的计算机科学家。他有一个简单的方程，通过对其中各种作用力的调整——例如多一点聚力、少一点延迟，雷诺兹便能使群体的动作形态像活生生的蝙蝠群、麻雀群或鱼群。甚至《蝙蝠侠归来》中行进的企鹅群也是根据雷诺兹的运算法则聚合的。像蝙蝠一样，先一古脑地复制很多计算机建模的三维企鹅，然后把它们释放到一个朝向特定方向的场景中。当它们行进在积雪的街道上，就很容易地显现出推推搡搡拥挤的样子，不受任何人控制。

雷诺兹的简单算法所生成的群体是如此真实，以至于当生物学家们回顾自己所拍摄的高速电影后断定，真实的鸟类和鱼类的群体行为必然源自于一套相似的简单规则。群体曾被看作是生命体的决定性象征，某些壮观的队列只有生命体才能实现。如今根据雷诺兹的算法，群体被看作是一种自适应的技巧，适用于任何分布式的活系统，无论是机器的还是人造的。

## 2.3 非匀质的看不见的手

蚂蚁研究的前驱者惠勒率先使用“超级有机体”来称呼昆虫群体的繁忙协作，以便清楚地和“有机体”所代表的含义区分开来。惠勒受到世纪之交（1900年左右）的哲学潮流影响。该潮流主张通过观察组成部分的个体行为去理解其上层的整体模式。当时的科学发展正一头扎入对物理学、生物学以及所有自然科学之微观细节的研究之中。这种一窝蜂上的将整体还原为其组成部分的研究方式，在当时被看作是能够理解整体规律的最实际做法，而且将会持续整个世纪（指20世纪），至今仍是科学探索的主要模式。惠勒和他的同事们是这种还原观点的主要拥护者，并身体力行地写就了50篇关于神秘的蚂蚁行为的专题论文。但在同一时刻，惠勒还从超越了蚂蚁群体固有特征的超级

有机体中看到了“涌现的特征”。惠勒认为，集群所形成的超级有机体，是从大量聚集的普通昆虫有机体中“涌现”出来的。他指出，这种涌现是一种科学，一种技术性的、理性的解释，而不是什么神秘主义或炼金术。

惠勒认为，这种涌现的观念为调和“将之分解为部分”和“将之视为一个整体”两种不同的方法提供了一条途径。当整体行为从各部分的有限行为里有规律地涌现时，身体与心智、整体与部分的二元性就真正烟消云散了。不过当时，人们并不清楚这种超越原有的属性是如何从底层涌现出来的。现在也依然如此。

惠勒团队清楚的是：“涌现”是一种非常普遍的自然现象。与之相对应的是日常可见的普遍因果关系，就是那种A引发B，B引发C，或者 $2+2=4$ 这样的因果关系。化学家援引普遍的因果关系来解释实验观察到的硫原子和铁原子化合为硫化铁分子的现象。而按照当时的哲学家劳埃德·摩根 [\[10\]](#) 的说法，“涌现”这个概念表现的是一种与之不同类型的因果关系。在这里， $2+2$ 并不等于4，甚至不可能意外地等于5。在“涌现”的逻辑里， $2+2=$ 苹果。“对于‘涌现’——尽管看上去多少都有点跃进（跳跃）——的最佳诠释是，它是事件发展过程中方向上的质变，是关键转折点。”这是摩根1923年的著作《涌现式的进化》中的一段话。那是一本非常有胆识的书，书中接着引用了布朗宁的一段诗，这段诗佐证了音乐是如何从和弦中涌现出来的：

而我不知道，除此（音乐）之外，人类还能拥有什么更好的天赋因为他从三个音符（三和弦）中所构造出的，不是第四个音符，而是星辰。

我们可以声称，是大脑的复杂性使我们能够从音符中精炼出音乐——显然，木头疙瘩是不可能听懂巴赫的。当聆听巴赫时，充溢我们

身心的所有“巴赫的气息”，就是一幅富有诗意的图景，恰如其分地展现出富有含义的模式是如何从音符以及其他信息中涌现出来的。

一只小蜜蜂的机体所代表的模式，只适用于其1/10克重的更细小的翅室、组织和壳质。而一个蜂巢的机体，则将工蜂、雄蜂以及花粉和蜂窝组成了一个统一的整体。一个重达50磅的蜂巢机构，是从蜜蜂的个体部分涌现出来的。蜂巢拥有大量其任何组成部分所没有的东西。一个斑点大的蜜蜂大脑，只有6天的记忆，而作为整体的蜂巢所拥有的记忆时间是3个月，是一只蜜蜂平均寿命的两倍。

蚂蚁也拥有一种蜂群思维。从一个定居点搬到另一个定居点的蚁群，会展示出涌现控制下的“卡夫卡式噩梦”效应 [\[11\]](#)。你会看到，当一群蚂蚁用嘴拖着卵、幼虫和蛹拔营西去的时候，另一群热忱的工蚁却在以同样的速度拖着那些家当掉头东行。而与此同时，还有一些蚂蚁，也许是意识到了信号的混乱和冲突，正空着手一会儿向东一会儿向西地乱跑，简直是典型的办公室场面。不过，尽管如此，整个蚁群还是成功地转移了。在没有上级作出任何明确决策的情况下，蚁群选定一个新的地点，发出信号让工蚁开始建巢，然后就开始进行自我管理。

“蜂群思维”的神奇在于，没有一只蜜蜂在控制它，但是有一只看不见的手，一只从大量愚钝的成员中涌现出来的手，控制着整个群体。它的神奇还在于，量变引起质变。要想从单个虫子的机体过渡到集群机体，只需要增加虫子的数量，使大量的虫子聚集在一起，使它们能够相互交流。等到某一阶段，当复杂度达到某一程度时，“集群”就会从“虫子”中涌现出来。虫子的固有属性就蕴涵了集群，蕴涵了这种神奇。我们在蜂箱中发现的一切，都潜藏在蜜蜂的个体之中。不过，你尽管可以用回旋加速器和X光机来探查一只蜜蜂，但是永远也不能从中找出蜂巢的特性。



这里有一个关于活系统的普遍规律：低层级的存在无法推断出高层级的复杂性。不管是计算机还是大脑，也不管是哪一种方法——数学、物理或哲学——如果不实际地运行它，就无法揭示融于个体部分的涌现模式。只有实际存在的蜂群才能揭示单个蜜蜂体内是否融合着蜂群特性。理论家们是这样说的：要想洞悉一个系统所蕴藏的涌现结构，最快捷、最直接也是唯一可靠的方法就是运行它。要想真正“表述”一个复杂的非线性方程，以揭示其实际行为，是没有捷径可走的。因为它有太多的行为被隐藏起来了。

这就使我们更想知道，蜜蜂体内还裹藏着什么别的东西是我们还没见过的？或者，蜂巢内部还裹藏着什么，因为没有足够的蜂巢同时展示，所以还没有显露出来？就此而言，又有什么潜藏在人类个体中没有涌现出来，除非所有的人都通过人际交流或政治管理联系起来？在这种类似于蜂巢的仿生超级思维中，一定酝酿着某种最出人意料的东西。

## 2.4 认知行为的分散记忆

任何思维都会酝酿出令人费解的观念。

因为人体就是一个由术有专攻的器官们组成的集合体——心脏负责泵送，肾脏负责清扫——所以，当发现思维也将认知行为委派给大脑不同区域时，人们并没有感到过分惊讶。

19世纪晚期，内科医生们注意到刚去世的病人在临死之前，其受损的大脑区域和明显丧失的心智能力之间存在着某种关联。这种关联已经超出了学术意义：神智错乱在本源上是属于生物学的范畴吗？1873年，在伦敦西赖丁精神病院 [\[12\]](#)，一位对此心存怀疑的年轻内科医生用外科手术的方式取出两只活猴的一小部分大脑组织。其中一例

造成猴子右侧肢体瘫痪，另一例造成猴子耳聋。而在其他所有方面，两只猴子都是正常的。该实验表明：大脑一定是经过划分的，即使部分失灵，整体也不会遭遇灭顶之灾。

如果大脑按部门划分，那么记忆在哪一科室储存？复杂的大脑以何种方式分摊工作？答案出乎意料。

1888年，一位曾经谈吐流利、记忆灵敏的男人，惶恐不安地出现在朗道尔特博士的办公室，因为他说不出字母表里任何字母的名字了。在听写一条消息的时候，这位困惑的男人写得只字不差。然而，他却怎么也读不出所写的内容。即使写错了，也找不出错的地方。朗道尔特博士记录道：“请他看视力检查表，他一个字母也说不出。尽管他声称看得很清楚……他把A比作画架，把Z比作蛇，把P比作搭扣。”

四年后这个男人死的时候，他的诵读困难变成彻底的读写失语症。不出所料，解剖尸体时发现了两处损伤：老伤在枕叶（视力）附近区域，新伤则可能在语言中枢附近。

这是大脑官僚化（即按片分管）的有力证明。它暗示着，不同的大脑区域分管不同的功能。如果要说话，则由这个科室进行相应的字母处理；而如果要书写，则归那个科室管。要说出一个字母（输出），你还需要向另一个地方申请。数字则由另一幢楼里的另一个完全不同的部门处理。如果你想骂人，就要像滑稽短剧《巨蟒剧团之飞翔的马戏团》<sup>[13]</sup>里提示的那样，必须沿着大厅走另一头。

早期的大脑研究员约翰·休林－杰克逊<sup>[14]</sup>讲述了一个关于他的一名女病人的故事。这个病人在生活中完全失语。有一次，她所住病房的街对面有一堆倾倒在那里的垃圾着火了，这位病人清晰地发出了一个字——也是休林-杰克逊所听到的她讲的绝无仅有的一个字——“火！”

怎么会这样？他感到有点不可思议，难道“火”是她的语言中枢记得的唯一一个字？难不成大脑有自己的“火”字部门？

随着大脑研究的进一步深入，思维之谜向人们展示出其极具特定性的一面。在有关记忆的文献中，有一类人能正常区分具体的名词——对他们说“肘部”，他们就会指着自己的肘部，但非常奇怪的是，他们无力识别抽象名词——问他们“自由”或“天资”，他们会茫然地瞪着眼睛，耸耸肩。与此相反，另一类看上去很正常的人则失去了记住具体名词的能力，却能完全识别抽象的东西。伊斯雷尔·罗森费尔德在其精彩却太不引人注目的著作《记忆的发明》（*The Invention of Memory*）中写道：

有这么一个病人，当让他给干草下定义时，他回答：“我忘了。”当请他给海报下定义时，他说：“不知道。”然而，给他“恳求”这个词时，他说：“真诚地请求帮助。”说到“公约”，则回答：“友好的协定。”

古代哲学家说，记忆是个宫殿，每个房间都停放着一个思想。随着临床上一例例特别的健忘症被发现和研究，记忆房间的数量呈爆炸式增长，且无穷无尽。已经被划分为套间的记忆堡垒，又被分割为由极小的密室组成的巨大迷宫。

有一项研究的对象是四个病人，他们能辨明无生命的物体（雨伞、毛巾），却会混淆生物，包括食品！其中一个病人能毫不含糊地谈论无生命的物体，但对他来说，蜘蛛的定义却是“一个为国家工作的找东西的人”。还有许多记录，是关于受过去时态困扰的失语症病人的。我听说过另一个传闻（我不能证实，但毫不怀疑），说患某种疾病的患者能够分辨所有食物，但蔬菜除外。

南美文学名家博尔赫斯在他的小说中杜撰了一部名为“天朝仁学广览”（*Celestial Emporium of Benevolent Knowledge*）的古代中国百科全书。其中的分类体系恰如其分地代表了这种潜藏在记忆系统下的怪诞不经。

在那本年代久远的百科全书中，动物被划分为：a) 属于皇帝的，b) 防腐处理的，c) 驯养的，d) 乳臭未干的小猪，e) 半人半鱼的，f) 赏心悦目的，g) 离家的狗，h) 归入此类的，i) 发疯般抽搐的，j) 不可胜数的，k) 用驼毛细笔描绘的，l) 除此之外的，m) 刚刚打破花瓶的，n) 远看如苍蝇的。

天朝分类法确实过于牵强，不过任何分类过程都有其逻辑问题。除非每一个记忆都能有不同的地方存放，否则就一定会有令人困惑的重叠。举例来说，一只喋喋不休的、淘气的小猪，就可能被归为上述类别中的三个里面。尽管可以将一个想法插入到三个记忆槽里，但其效率却非常低。

在计算机科学家试图创立人工智能的过程中，知识如何存入大脑，已经不仅仅是个学术问题了。那么，蜂群思维中的记忆架构是什么样的呢？

过去，多数研究人员倾向于认为，（记忆的存储）就如同人类管理其自制的文件柜一样，直观而自然：每个存档文件占用一个地方，彼此间有多重交叉引用，就像图书馆一样。活跃于20世纪30年代的加拿大神经外科医生怀尔德·潘菲尔德<sup>[15]</sup>通过一系列著名的精彩实验，将这种认为每条记忆都对应于大脑中一个单独位置的理论发展到了顶峰。潘菲尔德通过大胆的开颅术，在病人清醒的状态下利用电激探查其小脑活体，请他们讲述自己的感受。病人们能够回忆起非常生动的往事，而电激的最微小移动都能引发截然不同的想法。潘菲尔德在用探测器扫描小脑表面的同时，绘制出每个记忆在大脑中的对应位置。

他的第一个意外发现是，那些往事是可以重播的，就如同在若干年后播放录音机一般——“摁下重播键”。潘菲尔德在描述一位26岁妇女癫痫发作后的幻觉时用了“回闪”这个词：“同样的回闪出现了几次，都与她表亲的家或去那里的旅行有关——她已经有10到15年没有去那里了，但小时候常去。”

潘菲尔德对活脑这块处女地的探索使得人们形成了根深蒂固的印象：脑半球就好比出色的记录装置，其精彩的回放功能似乎更胜过时下流行的留声机。我们的每个记忆都被精确地刻划在它自己的唱片上，由不偏不倚的大脑忠实地将其分类归档，并能像自动点唱机中的歌曲一样，摁动正确的按钮就能播放出来，除非受到暴力的损伤。

然而仔细查看潘菲尔德实验的原始记录会发现，记忆并不是十分机械的过程。有一个例子，是一位29岁的妇女在潘菲尔德刺激其左颞叶时的反应：“有什么东西从某个地方朝我来了。是一个梦。”4分钟以后，当刺激完全相同的点时：“景色似乎和刚才的不一样……”而刺激附近的点：“等等，什么东西从我上面闪过去了，我梦到过的东西。”在第三个刺激点——在大脑的更深处，“我不停地做梦。”对同一点重复刺激：“我不停地看到东西——我不停地梦到东西。”

这些文字所谈及的，与其说是从记忆档案馆的底层文件架上翻出的杂乱无章的昨日重现，倒不如说是梦一般的模糊闪现。这些过往经历的主人把它们当作是零碎的半记忆片段。它们带有生硬的“拼凑”色彩，漫无目的地飘荡；梦境由此而生——那些关于过去的、星星点点的、没有中心的故事被重组成梦中的拼贴画。并没有所谓似曾相识的感觉，也没有“当时情形正是如此”的强烈意识。没有人会被这些重播所蒙蔽。

人类的记忆的确会不管用。其不管用的方式十分特别，比如在杂货店里记不起购物清单中的蔬菜或是干脆就忘掉了蔬菜这码事。记忆的损伤往往和大脑的物理损伤有关，据此我们猜测，记忆在某种程度

上是与时间和空间捆绑在一起的，而与时间和空间捆绑在一起则正是真实的一种定义。

然而现代认知科学更倾向于一个新的观点：记忆好比由储存在脑中的许多离散的、非记忆似的碎片汇总起来而从中涌现出来的事件。这些半意识的碎片没有固定的位置，它们分散在大脑中。其储存方式在不同的意识之间有本质的不同——对洗牌技能的掌握与对玻利维亚首都的了解就是按完全不同的方式组织的，并且这种方式在人与人之间会有所不同，上一次与下一次之间也会有所不同。

由于可能存在的想法或经历要比大脑中神经元的组合方式多，因此，记忆必须以某种方式进行组织，以尽可能容纳超过其存储空间的想法。它不可能有一个架子来存放过去所有的念头，也无法为将来可能出现的每一个想法预留位置。

记得20年前在中国台湾的一个夜晚，我坐在敞篷卡车的后面，行进在满是灰尘的山路上。山上空气很冷，我穿上了夹克。我搭的是顺风车，要在黎明前到达山区一座高峰。卡车在陡峭黑暗的山路上一圈圈艰难地向上爬升，而我在清新的空气中仰望星空。天空如此清澈，我能看见接近地平线的小星星。突然，一颗流星嗖地滑落，因为我在山里的角度特别，所以看见它在大气层里跳动。它跳啊，跳啊，跳啊，像粒石子。

现在，当我回忆起这一幕时，那颗跳动的流星已经不再是我记忆的重播——尽管它是如此的生动。它的影像并不存在于我记忆中任何特别的地方。当我重现这段经历时，实际上对其重新进行了组合，并且每次回忆起来都会重新进行组合。所用的材料是散布在我大脑中的细小的证据碎片：在寒风中瑟瑟发抖，在崎岖的山路上颠簸前进，在夜空中闪烁的无数星星，还有在路旁伸手拦车的场景。这些记录的颗粒甚至更细小：冷，颠簸，光点，等候。这些正是我们通过感官所接收到的原始印象，并由此组合成了我们当前的感知。

我们的意识正是通过这许许多多散布在记忆中的线索创造了现在，如同它创造了过去一样。站在博物馆的一个展品面前，其所具有的平行直线让我在头脑中将它与“椅子”的概念联系起来，尽管这个展品只有三条腿。我的记忆中从未见过这样一把椅子，但它符合所有（与椅子）相关联的事物——它是直立的，有水平的座位，是稳定的，有若干条腿——并随之产生了视觉映像。这个过程非常快。事实上，在察觉其所特有的细节之前，我会首先注意到其所具备的一般“椅性”。

我们的记忆（以及我们的蜂群思维）是以同样模糊而偶然的方式创造出来的。要（在记忆中）找到那颗跳动的流星，我的意识首先抓住了一条移动的光的线索，然后收集一连串与星星、寒冷、颠簸有关的感觉。创造出什么样的记忆，有赖于最近我往记忆里塞入了什么，也包括上次重组这段记忆时所加进去的感觉或其他事情。这就是为什么每次回忆起来都有些微不同的原因，因为每次它都是真正意义上的完全不同的经历。感知的行为和记忆的行为是相同的。两者都是将许多分布的碎片组合成一个自然涌现出的整体。

认知科学家道格拉斯·霍夫施塔特 [\[16\]](#) 说道：“记忆，是高度重建的。在记忆中进行搜取，需要从数目庞大的事件中挑选出什么是重要的，什么是不重要的，强调重要的东西，忽略不重要的东西。”这种选择的过程实际上就是感知。“我非常非常相信，”霍夫施塔特告诉我，“认知的核心过程与感知的关系非常非常紧密。”

在过去20年里，一些认知科学家已经勾画出了创造分布式记忆的方法。20世纪70年代，心理学家戴维·马尔 [\[17\]](#) 提出一种人类小脑的新模型，在这个模型中，记忆是随机地存储在整個神经网络中的。1974年，计算机科学家彭蒂·卡内尔瓦 [\[18\]](#) 提出了类似的数学网络模型。借助这个模型，长字符串的数据能随机地储存在计算机内存中。卡内尔瓦的算法是一种将有限数量的数据点储存进非常巨大的潜在的

内存空间的绝妙方法。换句话说，卡内尔瓦指出了一种能够将思维所拥有的任何感知存入有限记忆机制的方法。由于宇宙中可能存在的思想要比原子或粒子更多，人类思维所能接触到的只是其中非常稀疏的一部分，因此，卡内尔瓦称他的算法为“稀疏分布记忆”[\[19\]](#) 算法。

在一个稀疏分布式网络中，记忆是感知的一种。回忆行为和感知行为都是在一个非常巨大的模式可选集中探查所需要的一种模式。我们在回忆的时候，实际上是重现了原来的感知行为，也就是说，我们按照原来感知这种模式的过程，重新定位了该模式。

卡内尔瓦的算法是如此简洁清晰，以至于某个计算机高手用一个下午就能大致地实现它。20世纪80年代中期，在美国宇航局艾姆斯研究中心，卡内尔瓦和同事们在—台计算机上设计出非常稳定的实用版本，对他的稀疏分布记忆结构进行了细调。卡内尔瓦的记忆算法能做一些可媲美于人类思维的不可思议的事情。研究者事先向稀疏内存中放入几个画在20×20格子里的低画质数字图像（1至9）。内存保存了这些图像。然后，他们拿一个比第一批样本画质更低的数字图像给内存，看它是否能“回忆”起这个数字是什么。结果它做到了！它意识到了隐藏在所有低画质图像背后的原型。从本质上来说，它记起的是以前从未见过的形象！

这个突破不仅仅使找到或重现过去成为可能，更重要的是，当只给定最模糊的线索时，它也能够从无数的可能性中发掘出一些东西。对一个记忆体来说，仅仅能调出祖母的容貌是不够的，在不同的光线下以及从不同的角度看祖母的样子时，它都应该能辨认出来。

蜂群思维是能同时进行感知和记忆的分布式内存。人类的思维多半也是分布式的，至少在人工思维中，分布式思维肯定是占优势的。计算机科学家越是用蜂群思维的方式来思考分布式问题，就越发现其合理性。他们指出，大多数个人电脑在开机状态的绝大部分时间里并



没有真正投入使用。当你在计算机上写信时，敲击键盘产生的短脉冲会打断计算机的休息，但当你构思下一句话的时候，它又会返回到无所事事的状态。总体而言，办公室里打开的计算机在一天的大部分时间里都处于闲置状态。大公司的信息系统管理人员眼见价值几百万美元的个人电脑设备晚上在工作人员的办公桌上闲着，很想知道是否能够充分利用这些设备的全部计算能力。他们所需要的正是一个在完全分布式的系统中协调工作和存储的办法。

不过，仅仅解决闲置问题并不是分布式计算的主要意义。分布式系统和蜂群思维有其独特的优势，比如，对突然出现的故障具有极强的免疫力。在加利福尼亚州帕罗奥多市 [\[20\]](#) 的数字设备公司 [\[21\]](#) 的实验室内，一名工程师向我演示了分布式计算的优势：他打开装有公司内部计算机网络的机柜门，动作夸张地从里面拔掉了一条电缆。网络路由毫不迟疑地绕过了缺口。

当然，任何蜂群思维都有失灵的时候。但是，因为网络的非线性特质，当它确实失灵的时候，其故障可能类似于除了蔬菜什么食物都记得的失语症。一个有损伤的网络智能也许能计算出圆周率的第十亿个数位，却不能向新地址转发邮件；它也许能查出为非洲斑马变种进行分类这样晦涩难懂的课本文字，却找不出任何有关一般动物的合乎情理的描述。对蔬菜的整体“健忘”不太像局部的存储器故障，它更像是系统层面上的故障，据其症状推断，有可能是与蔬菜相关的某种特殊关联出现了问题——就像计算机硬盘中的两个独立但又相互矛盾的程序有可能造成一个“漏洞”阻止你打印斜体字一样。斜体字的存储位置并没有被破坏，但是渲染斜体字的系统进程被破坏了。

创建分布式计算机思维所遇到的一些障碍可以通过将计算机网络建立在一个箱体内的方法加以克服。这种经过刻意压缩的分布式计算也被称为并行计算，因为在超级计算机中的成千上万的计算机在并行运转。并行超级计算机不能解决“办公桌上闲置的计算机”问题，也不

能将散布各处的计算能力聚合起来；并行运转是其本身和内部的一个优势，不过单为了这一点，也值得花一百万美元来制造一个单机装置。

并行分布式计算非常适用于感知、视觉和仿真领域。并行机制处理复杂性的能力要好于以体积庞大、运算速度超快的串行计算机为基础的传统超级计算机。在采用稀疏分布式内存的超级计算机里，记忆与数据处理之间的差异消失了。记忆成为了感知的再现，与最初的认知行为没有什么区别。两者都是从一大堆互相连接的部件中涌现出来的模式。

## 2.5 从量变到质变

满满一槽的水。当你拔去水槽的塞子，水就会开始搅动，形成涡流。涡流发展成为漩涡，像有生命一般成长。不一会儿，漩涡从水面扩展到槽底，带动了整个水槽里的水。不停变化的水分子瀑布在龙卷中旋转，时刻改变着漩涡的形状。而漩涡持续不变，就在崩溃的边缘舞动。“我们并非僵滞的死物，而是自我延续的模式，”诺伯特·维纳[\[22\]](#)如是写道。

水槽空了，所有的水都通过漩涡而流得一干二净。当满槽水都从槽里排入下水道后，漩涡的模式到哪去了呢？这模式又是从何而来呢？

不管我们在何时拔掉塞子，漩涡都会无一例外地出现。漩涡是一种涌现的事物——如同群一样，它的能量及结构蕴涵于群体而非单个水分子的能量和特性之中。不论你多么确切地了解 $H_2O$ （水的分子式）的化学特征，它都不会告诉你任何有关漩涡的特征。一如所有涌现的事物，漩涡的特性来源于大量共存的其他个体；在之前所举的例

子中，是满满一槽的水分子。一滴水并不足以显现出漩涡，而一把沙子也不足以引发沙丘的崩塌。事物的涌现大都依赖于一定数量的个体，一个群体，一个集体，一个团伙，或是更多。

数量能带来本质性的差异。一粒沙子不能引起沙丘的崩塌，但是一旦堆积了足够多的沙子，就会出现一个沙丘，进而也就能引发一场沙崩。一些物理属性，如温度，也取决于分子的集体行为。空间里的一个孤零零的分子并没有确切的温度。温度更应该被认为是一定数量分子所具有的群体性特征。尽管温度也是涌现出来的特征，但它仍然可以被精确无疑地测量出来，甚至是可以预测的。它是真实存在的。

科学界早就认为大量个体和少量个体的行为存在重大差异。群聚的个体孕育出必要的复杂性，足以产生涌现的事物。随着成员数目的增加，两个或更多成员之间可能的相互作用呈指数级增长。当连接度足够高且成员数目足够大时，就产生了群体行为的动态特性——量变引起质变。

## 2.6 群集的利与弊

有两种极端的途径可以产生“更多”。一种途径是按照顺序操作的思路来构建系统，就像工厂的装配流水线一样。这类顺序系统的原理类似于钟表的内部逻辑——通过一系列的复杂运动来测度出时间的流逝。大多数机械系统遵循的都是这种逻辑。

还有另一种极端的途径。我们发现，许多系统都是将并行运作的部件拼接在一起，很像大脑的神经网络或者蚂蚁群落。这类系统的动作是从一大堆乱糟糟且又彼此关联的事件中产生的。它们不再像钟表那样，由离散的方式驱动并以离散的方式显现，更像是有成千上万个发条在一起驱动一个并行的系统。由于不存在指令链，任意一根发

条的某个特定动作都会传递到整个系统，而系统的局部表现也更容易被系统的整体表现所掩盖。从群体中涌现出来的不再是一系列起关键作用的个体行为，而是众多的同步动作。这些同步动作所表现出的群体模式要更重要得多。这就是群集模型。

这两种极端的组织方式都只存在于理论之中，因为现实生活中的所有系统都是这两种极端的混合物。某些大型系统更倾向于顺序模式（如工厂），而另外一些则倾向于网络模式（如电话系统）。

我们发现，宇宙中最有趣的事物大都靠近网络模式这一边。彼此交织的生命，错综复杂的经济，熙熙攘攘的社会，以及变幻莫测的思绪，莫不如此。作为动态的整体拥有某些相同的特质：比如，某种特定的活力。

这些并行运转的系统中有我们所熟知的各种名字：蜂群、电脑网络、大脑神经元网络、动物的食物链、以及代理群集。上述系统所归属的种类也各有其名称：网络、复杂自适应系统、群系统、活系统或群集系统。我在这本书中用到了所有这些术语。

每个系统在组织上都汇集了许多（数以千计的）自治成员。“自治”意味着每个成员要根据内部规则以及其所处的局部环境状况而各自做出反应。这与服从来自中心的命令，或根据整体环境做出步调一致的反应截然不同。

这些自治成员之间彼此高度连接，但并非连到一个中央枢纽上。它们组成了一个对等网络。由于没有控制中心，人们就说这类系统的管理和中枢是去中心化分布在系统中的，与蜂巢的管理形式相同。

以下是分布式系统的四个突出特点，活系统的特质正是由此而来：

◎没有强制性的中心控制

◎次级单位具有自治的特质

◎次级单位之间彼此高度连接

◎点对点间的影响通过网络形成了非线性因果关系

上述特点在分布式系统中的重要度和影响力尚未经过系统地检验。

本书主题之一是论述分布式人造活系统——如并行计算、硅神经网络芯片，以及因特网这样的庞大在线网络等——在向人们展示有机系统的迷人之处的时候，也暴露出它们的某些缺陷。下面是我对分布式系统的利与弊的概述：

群系统的好处：

◎可适应——人们可以建造一个类似钟表装置的系统来对预设的激励信号进行响应。但是，如果想对未曾出现过的激励信号做出响应，或是能够在一个很宽的范围内对变化做出调整，则需要一个群——一个蜂群思维。只有包含了许多构件的整体才能够在其部分构件失效的情况下仍然继续生存或适应新的激励信号。

◎可进化——只有群系统才可能将局部构件历经时间演变而获得的适应性从一个构件传递到另一个构件（从身体到基因，从个体到群体）。非群体系统不能实现（类似于生物的）进化。

◎弹性——由于群系统是建立在众多并行关系之上的，所以存在冗余。个体行为无足轻重。小故障犹如河流中转瞬即逝的一朵小浪花。就算是大的故障，在更高的层级中也只相当于一个小故障，因而得以被抑制。

◎无限性——对传统的简单线性系统来说，正反馈回路是一种极端现象，比如扩声话筒无序的回啸。而在群系统中，正反馈却能导致秩序的递增。通过逐步扩展超越其初始状态范围的新结构，群可以搭建自己的脚手架借以构建更加复杂的结构。自发的秩序有助于创造更多的秩序——生命能够繁殖出更多的生命，财富能够创造出更多的财富，信息能够孕育更多的信息，这一切都突破了原始的局限，而且永无止境。

◎新颖性——群系统之所以能产生新颖性有三个原因：（1）它们对“初始条件很敏感”——这句学术短语的潜台词是说，后果与原因不成比例——因而，群系统可以将小土丘变成令人惊讶的大山。（2）系统中彼此关联的个体所形成的组合呈指数增长，其中蕴藏了无数新颖的可能性。（3）它们并不强调个体，因而也允许个体有差异和缺陷。在具有遗传可能性的群系统中，个体的变异和缺陷能够导致恒新，这个过程我们也称之为进化。

群系统的明显缺陷：

◎非最优——因为冗余，又没有中央控制，群系统的效率是低下的。其资源分配高度混乱，重复的努力比比皆是。青蛙一次产出成千上万只卵，只为了少数几个子代成蛙，这是多么大的浪费！假如群系统有应急控制的话——例如自由市场经济中的价格体系，那么就可以在一定程度上抑制效率低下，但绝不可能像线性系统那样彻底消除它。

◎不可控——没有一个绝对的权威。引领群系统犹如羊倌放羊：要在关键部位使力，要扭转系统的自然倾向，使之转向新的目标（利用羊怕狼的天性，用爱撵羊的狗来将它们集拢）。经济不可由外部控制，只能从内部一点点地调整。人们无法阻止梦境的产生，只能在它现身时去揭示它。无论在哪里，只要有“涌现”的字眼出现，人类的控制就消失了。

◎不可预测——群系统的复杂性以不可预见的方式影响着系统的发展。“生物的历史充满了出乎意料。”研究员克里斯·朗顿 [23] 如是说。他目前正在开发群的数学模型。“涌现”一词有其阴暗面。视频游戏中涌现出的新颖性带给人无穷乐趣；而空中交通控制系统中如果出现涌现的新情况，就可能导致进入全国紧急状态。

◎不可知——我们目前所知的因果关系就像钟表系统。我们能理解顺序的钟表系统，而非线性网络系统却是道地的难解之谜。后者淹没在它们自制的困思逻辑之中。A导致B，B导致A。群系统就是一个交叉逻辑的海洋：A间接影响其他一切，而其他一切间接影响A。我把这称为横向因果关系。真正的起因（或者更确切地说，由一些要素混合而成的真正起因），将在网络中横向传播开来，最终，触发某一特定事件的原因将无从获知。那就听其自然吧。我们不需要确切地知道西红柿细胞是如何工作的，也能够种植、食用、甚至改良西红柿。我们不需要确切地知道一个大规模群体计算系统是如何工作的，也能够建造、使用它，并使之变得更加完美。不过，无论我们是否了解一个系统，都要对它负责，因此了解它肯定是有帮助的。

◎非即刻——点起火，就能产生热量；打开开关，线性系统就能运转。它们准备好了为你服务。如果系统熄了火，重新启动就可以了。简单的群系统可以用简单方法唤醒；但层次丰富的复杂群系统就需要花些时间才能启动。系统越是复杂，需要的预热时间就越长。每一个层面都必须安定下来；横向起因必须充分传播；上百万自治成员必须熟悉自己的环境。我认为，这将是人类所要学的最难的一课：有机的复杂性将需要有机的时间。

在群逻辑的优缺点中进行取舍就如同在生物活系统的成本和收益之间进行抉择一样——假如我们需要这样做的话。但由于我们是伴随着生物系统长大的，而且别无选择，所以我们总是不加考虑地接受它们的成本。

为了使工具体备强大的功能，我们可以允许其在某些方面有点小瑕疵。同样，为了保证互联网上拥有一千七百万个计算机节点的群系统不会整个儿垮掉，我们不得不容忍讨厌的蠕虫病毒或是毫无理由和征兆的局部停电。多路由选择既浪费且效率低下，但我们却可以借此保证互联网的灵活性。而另一方面，我敢打赌，在我们制造自治机器人时，为了防止它们自作主张地脱离我们的完全控制，不得不对其适应能力有所约束。

随着我们的发明从线性的、可预知的、具有因果关系属性的机械装置，转向纵横交错、不可预测、且具有模糊属性的生命系统，我们也需要改变自己对机器的期望。这有一个可能有用的简单经验法则：

对于必须绝对控制的工作，仍然采用可靠的老式钟控系统。

在需要终极适应性的地方，你所需要的是失控的群件。

我们每将机器向集群推进一步，都是将它们向生命推进了一步。而我们的奇妙装置每离开钟控一步，都意味着它又失去了一些机器所具有的冷冰冰但却快速且最佳的效率。多数任务都会在控制与适应性中间寻找一个平衡点，因此，最有利于工作的设备将是由部分钟控装置和部分群系统组成的生控体系统的混血儿。我们能够发现的通用群处理过程的数学属性越多，我们对仿生复杂性与生物复杂性的理解就越好。

群突出了真实事物复杂的一面。它们不合常规。群计算的数学延续了达尔文有关动植物经历无规律变异而产生无规律种群的革命性研究。群逻辑试图理解不平衡性，度量不稳定性，测定不可预知性。用詹姆斯·格雷克的话来说，这是一个尝试，以勾画出“无定形的形态学”——即给似乎天生无形的形态造型。科学已经解决了所有的简单任务——都是些清晰而简明的信号。现在它所面对的只剩下噪音；它必须直面生命的杂乱。



## 2.7 网络是21世纪的图标

禅宗大师曾经指导新入门的弟子以一种无成见的“初学者心态”悟禅。大师告诫学生，“要消除一切先入之见”。要想领悟复杂事物的群体本质，需要一种可以称为“蜂群思维”的意识。蜂群大师教导我们：“放下一切固有和确信的执念。”

一个深思熟虑的蜂群的看法：原子是20世纪科学的图标。

通行的原子标志是直白的：几个点循极细的轨道环绕着一个黑点。原子独自旋转，形成单一性的典型缩影。这是个性的象征——原子的个性，是最基本的力量基座。原子代表着力量，代表着知识和必然。它如同圆周一样可靠而规律。

行星似的原子图像被印在玩具上，印在棒球帽上。旋转的原子渐渐出现在公司的商标图案和政府的印章上，出现在麦片盒的背面，出现在教科书中，并且在电视广告中扮演着主角。

原子的内部轨道是宇宙的真实镜像，一边是遵守规则的能量核，另一边是在星系中旋转的同心球体。其核心是意志，是本我，是生命力；一切都被固定在其适合的旋转轨道上。原子那符号化的确定轨道以及轨道间分明的间隙代表了对已知宇宙的理解。原子象征着简单所代表的质朴力量。

另一个带有禅意的思想：原子是过去。21世纪的科学象征是充满活力的网络。

网络的图标是没有中心的——它是一大群彼此相连的小圆点，是由一堆彼此指向、相互纠缠的箭头织成的网。不安分的图像消褪在不确定的边界。网络是原型——总是同样的画面——代表了所有的电路，所有的智慧，所有的相互依存，所有经济的、社会的和生物的东西。

西，所有的通信，所有的民主制度，所有的群体，所有的大规模系统。这个图标很具有迷惑性，看着它，你很容易陷入其自相矛盾的困境：没有开始、没有结束、也没有中心，或者反之，到处都是开始、到处都是结束、到处都是中心。纠结是它的特性。真相暗藏于明显的凌乱之下，要想解开它，需要很大的勇气。

达尔文在其巨著《物种起源》中论述了物种如何从个体中涌现而出。这些个体的自身利益彼此冲突，却又相互关联。当他试图寻找一幅插图做此书的结尾时，他选择了缠结的网。他看到“鸟儿在灌木丛中歌唱，周围有弹跳飞舞的昆虫，还有爬过湿地的蠕虫”；整个网络形成“盘根错节的一堆，以非常复杂的方式相互依存”。

网络是群体的象征。由此产生的群组织——分布式系统，将自我撒布在整个网络，以至于没有一部分能说：“我就是我。”无数的个体思维聚在一起，形成了不可逆转的社会性。它所表达的既包含了计算机的逻辑，又包含了大自然的逻辑，进而展现出一种超越理解能力的力量。

暗藏在网络之中的是神秘的看不见的手——一种没有权威存在的控制。原子代表的是简洁明了，而网络传送的是由复杂性而生的凌乱之力。

作为一面旗帜的网络更难相处，因为它是一面非控的旗帜。网络在哪里出现，哪里就会出现对抗人类控制的反叛者。网络符号象征着心智的迷茫，生命的纠结，以及追求个性的群氓。

网络的低效率——所有那些冗余，那些来来回回的矢量，以及仅仅为了穿过街道而串来串去的东西——包容着瑕疵而非剔除它。网络不断孕育着小的故障，以此来避免大故障的频繁发生。正是其容纳错误而非杜绝错误的能力，使分布式存在成为学习、适应和进化的沃土。

网络是唯一有能力无偏见地发展或无引导地学习的组织形式。所有其他的拓扑结构都会限制可能发生的事物。

一个网络群到处都是边，因此，无论你以何种方式进入，都毫无阻碍。网络是结构最简单的系统，其实根本谈不上有什么结构。它能够无限地重组，也可以不改变其基本形状而向任意方向发展，它其实是完全没有外形的东西。类鸟群的发明者克雷格·雷诺兹指出了网络这种可以不受打断而吸收新事物的非凡能力：“没有迹象表明自然鸟群的复杂性受到任何方式的限制。有新鸟加入时，鸟群并不会变得‘满载’或‘超负荷’。当鲱鱼向产卵地迁移时，它们那数百万成员的队伍绵延可达17英里。”我们的电话网络能够达到多大？一个网络理论上可以包容多少个节点仍能继续运转？这些问题甚至都不会有人问起过。

群的拓扑结构多种多样，但是唯有庞大的网状结构才能包容形态的真正多样性。事实上，由真正多元化的部件所组成的群体只有在网络中才能相安无事。其他结构，如链状、金字塔状、树状、圆形、星形等，都无法包容真正的多元化，以一个整体的形式运行。这就是为什么网络差不多与民主和市场意义等同的原因。

动态网络是少数几个融合了时间维度的结构之一。它注重内部的变化。无论在哪里看到持续不断的不规则变化，我们都应该能看到网络的身影，事实也的确如此。

与其说一个分布式、去中心化的网络是一个物体，还不如说它是一个过程。在网络逻辑中，存在着从名词向动词的转移。如今，经济学家们认为，只有把产品当作服务来做，才能取得最佳的效果。你卖给顾客什么并不重要，重要的是你为顾客做了些什么。这个东西是什么并不重要，重要的是它与什么相关联，它做了什么。流程重于资源。行为最有发言权。

网络逻辑是违反直觉的。比如说，你要铺设连接一些城市的电话电缆。以堪萨斯城、圣地亚哥和西雅图这三个城市为例，连接这三座城市的电话线总长为3000英里。根据常识，如果要在电话网络中加上第四个城市，那么电话线的长度就必将增加。然而，网络逻辑给出的答案截然相反。如果将第四个城市作为中心（让我们以盐湖城为例），其他城市都通过盐湖城相连，电缆总长就可以减少至2850英里，比原来的3000英里减少了5%。由此，网络的总展开长度在增加节点后反而得以缩短！不过，这种效果是有限的。1990年在贝尔实验室工作的黄光明 [24] 教授和堵丁柱 [25] 证明，通过向网络引入新的节点，系统所能够获得的最大节省大约为13%左右。在网络中，更多代表了不同的含义。

另一方面，1968年，德国运筹学家迪特里希·布拉斯 [26] 发现，为已经拥堵的网络增加线路只会使其运行速度更慢，现在我们称其为布拉斯悖论。科学家们发现了许多例子，都是说增加拥挤网络的容量会降低其总产量。19世纪60年代末，斯图加特的城市规划者试图通过增加一条街道来缓解闹市区的交通拥堵问题。当他们这样做了的时候，城市的交通状况更加恶化，于是，他们关闭了那条街道，交通状况却得到了改善。1992年，纽约在地球日关闭了拥挤的42街，人们曾担心情况会恶化，但结果却是，那天的交通状况实际上得到了改善。

还不止于此。1990年，三位致力于脑神经网络研究的科学家报告说，提高个体神经元的增益——响应度——并不能提高个体检测信号的性能，却能提高整个网络检测信号的性能。

网络有其自己的逻辑性，与我们的期望格格不入。这种逻辑将迅速影响生活在网络世界中的人类文化。从繁忙的通信网络中，从并行计算的网络中，从分布式装置和分布式存在的网络中，我们得到的是网络文化。

艾伦·凯 [27] 是个有远见的人，他与个人电脑的发明有很大关系。他说，个人拥有的图书是文艺复兴时期个人意识的主要塑造者之一，而广泛使用的联网计算机将来会成为人类的主要塑造者。我们甩在身后的不仅仅只是一本本的书。一天24小时、一周7天的全球实时民意调查，无处不在的电话，异步电子邮件，500个电视频道，视频点播：所有这一切共同交织成了辉煌的网络文化、非凡的蜂群式王国。

我蜂箱里的小蜜蜂大约意识不到自己的群体。根据定义，它们共同的蜂群思维一定超越了它们的个体小蜜蜂思维。当我们把自己与蜂巢似的网络连接起来时，会涌现出许多东西，而我们仅仅作为身处网络中的神经元，是意料不到、无法理解和控制不了这些的，甚至都感知不到这些东西。任何涌现的蜂群思维都会让你付出这样的代价。

---

[1] 德谟克利特（Democritus，约公元前460～前370年）：古希腊哲学家。

[2] 色诺芬（Xenophon，约公元前434～前355年）：希腊将军，历史学家，著有《长征记》一书。

[3] 亚里士多德（Aristotle，公元前384～前322年）：古希腊哲学家、科学家，亚历山大大帝的教师，雅典逍遥学派创始人。

[4] 鲁道夫·斯坦纳（Rudolf Steiner，1861.02.27~1925.03.30）：奥地利社会哲学家，灵智学（anthroposophy）的创始人，讲究用人的本性、心灵感觉和独立于感官的纯思维与理论解释生活。

[5] 墨里斯·梅特林克（Maurice Maeterlinck，1862~1949）：比利时剧作家、诗人、散文家。主要作品有剧作《盲人》、《青鸟》，散文集《双重的花园》、《死亡》、《蚂蚁的生活》等。1911年，其凭借作品《花的智慧》获诺贝尔文学奖。

[6] 威廉·莫顿·惠勒（William Morton Wheeler，1865~1937）：美国昆虫学家、蚁学家，哈佛大学教授。

[7] 罗伦·卡彭特（Loren Carpenter，1947~）：电脑图形图像专家，皮克斯动画工作室创始人之一并担任其首席科学家。

[8] 詹姆斯·格雷克（James Gleick，1954.08.01~）：作家、记者、传记记者。他的书揭示了科学技术的文化派别，其中3本分获普利策奖和国家图书奖的决赛资格，并被译成二十多种文字。

[9] 克雷格·雷诺兹 (Craig Reynolds, 1953.03.15~)：仿真生命与电脑图形图像专家，1986年发明仿真人工生命“类鸟群”。

[10] 劳埃德·摩根 (Lloyd Morgan, 1852.02.06~1936.03.06)：英国心理学家、生物学家和哲学家，比较心理学的先驱。

[11] 卡夫卡式噩梦：是德语小说家弗兰兹·卡夫卡在其作品中表现出来的一种毫无逻辑、茫然无从、琐碎复杂的精神状态。

[12] 西赖丁精神病院：West Riding Lunatic Asylum

[13] 巨蟒剧团之飞翔的马戏团 (Monty Python's Flying Circus)：1969年英国BBC电视台推出的一个电视滑稽剧。

[14] 约翰·休林-杰克逊 (John Hughlings Jackson, 1835.03.04~1911.10.07)：英国皇家学会会员，英国精神病学家。

[15] 怀尔德·潘菲尔德 (Wilder Graves Penfield, 1891.01.26~1976.04.05)：加拿大神经外科医生、神经生理学家。

[16] 道格拉斯·霍夫施塔特 (Douglas Richard Hofstadter, 1945.02.15~)：美国作家，从事意识思考及创造力方面的研究。侯世达是他的中文名。其著作《哥德尔、埃舍尔、巴赫》获得1980年普利策非小说类别奖。

[17] 戴维·马尔 (David Courtnay Marr, 1945.01.19~1980.11.17)：英国神经系统科学家、心理学家。马尔整合心理学、人工智能及神经生理学研究成果，提出了视觉处理新模式，被公认为计算神经科学创始人。

[18] 彭蒂·卡内尔瓦 (Pentti Kanerva)：发明“稀疏分布记忆”算法。现为雷氏神经系统科学研究所研究员。

[19] 稀疏分布记忆：Sparse Distributed Memory

[20] 帕罗奥多市 (Palo Alto)：位于加州北部湾区地带，著名的斯坦福大学就位于该市。

[21] 数字设备公司：Digital Equipment Corporation

[22] 诺伯特·维纳 (Norbert Wiener, 1894.11.26~1964.03.08)：美国数学家，美国科学院院士，控制论的创始人。

[23] 克里斯·朗顿 (Chris Langton, 1949~)：美国生物学家，仿生领域开创者之一。1980年代他发明了术语仿真，1987年在洛斯阿拉莫斯国家实验室组织了第一次“生命系统的合成仿真国际会议”。

[24] 黄光明 (Frank Hwang)：毕业于台湾大学外语系，获美国纽约市大学管理学硕士、美国北卡罗莱那大学统计学博士。1967年进入贝尔实验室工作，达29年之久。1996年迄今任中国台湾交通大学应用数学系教授。

[25] 堵丁柱 (Ding Zhu Du, 1949~) : 中科院应用数学所研究员, 1990年2月到美国普林斯顿大学作访问学者。一个多月后, 即4月10日, 他就和美国贝尔实验室黄光明研究员合作攻克了吉尔伯特-波雷克猜想, 即斯坦纳比难题, 被列为1989年~1990年度美国离散数学界和理论计算机科学界重大成果。堵丁柱现在是德州大学达拉斯分校计算机科学系教授。

[26] 迪特里希·布拉斯 (Dietrich Braess) : 德国鲁尔大学数学学院教授。

[27] 艾伦·凯 (Alan Kay, 1940.05.17~) : 美国计算机科学家, 以其面向项目的程序设计和视窗用户界面设计而著名。

## 第三章 有心智的机器

### 3.1 取悦有身体的机器

当马克·波林 [\[1\]](#) 和你握手致意时，你握住的实际上是他的脚趾头。几年前他在摆弄自制火箭时炸飞了手指。外科医生们拿他的脚趾头勉强拼凑出了一只手，但残疾的手还是让他动作迟缓。

波林制造嚼食同类的机器。他的发明物往往复杂而庞大，最小号的机器人都比成人的个头还大；最大号的那位伸直了脖子能有两层楼那么高。他的机器人们装备着由活塞驱动的下颚和蒸气铲车那样的胳膊，浑身洋溢着活力。

为了防止他的怪兽们散架子，波林经常要用他那只残疾的手费力地拧紧螺钉，这让他感到很不便。为了加快修理速度，他在自己的卧室门外安装了一台顶级的工业车床，还在厨房堆满了焊接设备。现在，焊接他那些钢铁巨兽的气动式四肢只需一两分钟。但是他自己的伤手还是很折磨人。他很想从机器人身上卸下一只手来给自己安上。

波林住在旧金山市一条街道尽头的仓库里。那条街是公路高架桥下的一条死胡同。住处旁边尽是简陋的白铁皮工棚，挂着汽车修理的招牌。仓库外就是个废品站，里面堆满锈迹斑斑的报废机器，高及铁篱外墙，其中竟然还有一个喷气发动机。废品站平时总是阴森森空荡荡的。来给波林送信的邮递员跳下越野车时，总要熄火锁门。



波林自称自己早年是个少年犯，长大后则干些“有创意的汪达尔式[2] 街头打砸”。即便在旧金山这个人人个性十足的地方，大家也都承认他的恶作剧水平不一般。还是10岁小孩的时候，他就用偷来的乙炔枪割掉过口香糖贩卖机上的大罐子。20来岁时，他玩起了街头艺术，给户外广告牌改头换面——在深夜里别出心裁地用喷漆把广告上的文字涂改成政治信息。最近，他又闹出了一个新闻：他的前任女友报警说，他趁自己周末外出，把她的车涂满环氧树脂黏合剂，之后在车身、挡风玻璃等各处都粘满了羽毛。

波林发明的装置既是最机巧也是最具有生物属性的机器。看看这个“回转利嘴机”：两个缀满鲨鱼状利齿的铁环在相交的轨道上疯狂旋转，彼此互成夹角，周而复始地“大嚼特嚼”。它可以在瞬间嚼碎一个小物体。平常它总是在啃着另一个机器人身上悬荡着的胳膊。再来看看拱拱虫。这个改良农具的一端安了个汽车引擎，通过曲柄带动6组特大号的钉耙，耙地的时候一拱一拱地前行。它蠕动的方式非常低效，但却是生物的方式。还有“一步一啄机”，其机身附带罐装的加压二氧化碳，用气动的方式带动它的钢头捶打地面，凿碎路面的柏油沥青。它好似一只500磅重的巨型啄木鸟，发疯似地啄着公路。“我的绝大多数机器都是世界上独一无二的。其他神经正常的人不会去造这些对人类毫无实际用处的机器。”波林面无表情地说道。

每年总有几次，波林会带着他一家子的机器举办一场表演。1979年的处女秀名叫“机器做爱”。秀场上，他那些古怪的机器互相踩来踏去，互相撕扯碾压，最后不分你我，成了堆破烂。几年后他办的一场展示叫“无用的机械行为”，延续了他把机器们解救出来，使其归于原始形态的风格。至今为止，他举办了40场左右的展示，通常都是在欧洲——“因为在那儿，”他说，“不会有人控告我。”而欧洲国家对艺术的支持体系（波林称之为艺术黑手党）也接纳这种胆大妄为的演出。

1991年，波林在旧金山闹市区举办了一场机器马戏演出。那一夜，在某高速公路立交桥下废弃的停车场里，数千位一袭黑皮夹克的朋克追捧者完全靠口口相传云集于此。在这个临时搭建的竞技场內，在耀眼的聚光灯下，十来个机甲怪兽和铁疙瘩角斗士们正等着用激情和蛮力干掉对方。

这些铁家伙们的块头和精神劲儿使人想起一个形象：没有皮肤的机械恐龙。它们通过液压软管驱动的骨架、铰链咬合的齿轮和电缆连接的力臂来保持平衡。波林称它们为“有机机器”。

这可不是博物馆里死气沉沉的恐龙。它们的身体部件是波林从别的机器那里“连偷带借”来的，它们的动力来自废旧的汽车引擎。它们似乎被注入了生命，在散发着灼热的臭氧味的探照灯光束下碾压着、翻腾着、跳跃着、冲撞着——活了起来！

那天晚上，在金属强光照射下，离座的观众们癫狂不已。（特意挑选的音质粗糙的）大喇叭们不停地播放着预先录制的工业噪声。偶尔，刺耳的声音会切换成电台的电话访谈节目或电子时代的其他背景音。一声尖利的汽笛压住了所有刺耳的声音——演出开始了，机器斗士动起来了！

在接下来的一小时里是一场混战。一枚两英尺长的钻头在一头状似雷龙的家伙的长颈一端咬了一口。这枚钻头形同蜜蜂的蛰针，让你恐怖地联想到牙医的钻头。它接着又暴跳如雷地钻进另一个机器人。“嗞——嗞——嗞——”，听得人牙根发麻。另一个发狂的家伙——“螺丝锥投石机”，则滑稽地到处乱冲，嘶嘶狂叫着撕裂路面。它是一部长10英尺，重一吨的钢制滑车，底部是两个钢螺旋胎面的履带，每个轱辘带动一个直径1.5英尺的螺丝锥疯狂旋转。它在沥青路面上以30英里的时速四处乱窜，真是逗人喜爱。机车顶部装有投石装置，可以投射50磅重的爆破火焰弹。当“钻头”追着去蛰“螺丝锥”时，“螺丝锥”正对着一座由钢琴搭成的塔楼大投火焰弹。

“这里接近于受控的无政府状态 [3] 。”波林曾对他那帮完全自愿的手下开玩笑说。他把自己的“公司”戏称为生存研究实验室（SRL），一个故意让人误以为是公司的名称。生存研究实验室举办演出，喜欢不经官方许可，不向市镇消防部门报告，不投保险，不做事先宣传。他们让观众坐得太近，看上去很危险——也确实危险。

一部改装过的商用草地撒水车——它本来应在草丛里爬行、撒水，赐予草地生命——现在却给此地带来一场邪恶的火焰浴。它的旋臂泵出一大圈点燃的煤油，形成炽热的橘红云团。未完全燃烧的呛人烟气被头顶的高速公路硬逼回来，使观众感到窒息。角斗中，“螺丝锥”不小心踢翻了“地狱花洒”的燃料箱，使它不得不结束了自己的使命。“喷火器”立刻点火补上了空缺。“喷火器”是台可操控的巨型鼓风机，通常用来给市中心的摩天大楼做空调鼓风。它被拴在一台马克型卡车发动机上。发动机带动巨大的风扇从55加仑的桶里把柴油燃料泵到空气中。炭弧火花点燃油气混合物，吐出长达50英尺的亮黄黄的火舌，烘烤着由20架钢琴叠起的塔楼。

波林可以通过一部模型飞机用的无线遥控手柄来操控火龙。他把“喷火器”的喷嘴转向观众，观众急忙躲避。即便在50英尺远的地方，都能感到扑面的热浪。“你明白是怎么回事了吧，”波林后来说道，“缺了掠食者，生态链就不稳定了。这些观众的生活里没有天敌，那么，就让这些机器充当掠食者吧。它们的任务就是给文明社会突降些掠食者。”

生存研究实验室的机器们相当复杂，而且愈演愈烈。波林总是忙于孵化新型机器以使马戏团的生态系统保持不断进化。他常给老型号升级新式肢体。他可能换掉“螺丝锥”的电锯，代之以龙虾似的一对大铁螯，也可能给身高25英尺的“大坨塔”的胳膊焊上一把喷火枪。有时候他还搞杂交，把两个大家伙的部件对调一下。在其余的时间里他则忙着为新玩意儿接生。最近的一次秀场上，他推出了4只新宠物：一台

便携式闪电机，对着近旁的机器武士喷吐出9英尺长劈啪作响的蓝色闪电；一只由喷气机引擎发动的120分贝汽笛；一门军用的电磁轨道炮，发射时速200英里的热熔铁疙瘩，彗星般的火球在空中爆裂开，变成燃烧的毛毛细雨洒落下来；还有一门先进的远程视在[4]人机一体加农炮，戴着虚拟视镜的操控者转动自己的脑袋盯住目标就可调整炮口的瞄准方向，而炮弹是塞满雷管炸药和混凝土的啤酒罐。

这些表演既然是“艺术”，就难免会资金短缺：门票收入仅够应付一场演出的杂项开销——燃料、员工的伙食以及备用件。波林坦承，他用来拆配成新怪兽的一些机器原型是偷来的。一位生存研究实验室的成员说，他们乐于在欧洲一直演出下去是因为那里有很多“可求之物”[5]。什么是“可求之物”？“容易得到的，容易解救的，或不花钱拿来的东西。”除此之外的原材料则是从军队过剩的部件中挑选出来的。波林以65美元一磅的价钱从那些缩减规模的军事基地里一车车买回来。他还从那里搜刮来不少机床、潜艇部件、稀奇古怪的马达、罕见的电子器件、粗钢，甚至还有价值10万美元的备件。“要在10年前这些东西可值钱了，关乎着国家安全。可是忽然之间就成了没用的废品。我对它们进行改造，实际上是让这些机器改邪归正——它们过去从事的是‘有价值的’毁灭性工作，如今则做些毫无用处的破坏。”

几年前，波林做了一个会在地板上疾爬的蟹形机器生物。一只惊慌失措的小豚鼠被锁在一个满是开关的小座舱里充当驾驶员。做这么一只生物机器并非要蓄意表现残忍。这个创意是为了探究有机体和机器趋合的可能。生存研究实验室的发明常常会把高速运转的重金属物体和柔软的生物体结合起来。启动后，这只小豚鼠生物机器摇摇摆摆，左冲右突。在一场乱哄哄、处于受控无政府状态的演出中，几乎没人会注意到它。波林说：“这种机器生物几乎不能操控且毫无用处，但我们所需要的就是这种程度的控制。”

在旧金山新现代艺术馆的开工典礼上，主办方邀请波林在市中心的空地上集中展示他的机器家族，以“在大白天创造几分钟的幻觉”。他的“冲击波加农炮”率先出场发射空炮。你甚至能看到由炮口衍展开来的空气冲击波。几个街区内的汽车玻璃和大楼窗户都战栗作响，正值高峰期的交通一度中断。随后“蜂群之群”隆重亮相。这是些高度及腰的圆柱形移动机器人。它们成群结队，四处奔忙。人人都在猜蜂群会往哪里去；任何一个蜂群都不会控制其余的蜂群；其他蜂群也不管这个蜂群去哪儿。广场成了这些硬梆梆的家伙们的天下——一群失控的机器。

生存研究实验室的最终目的是让机器们自治。“让它们做出些自治的行为确实很难。”波林告诉我。不过，在试图把控制权由人转交给机器人的研究领域里，他可是走在了很多经费充足的大学实验室的前头。他那些花几百美元做出来的蜂群式造物，是用回收的红外线传感器和废旧的步进电机 [6] 装配的。在制造自治蜂群机器人的暗战中，他击败了麻省理工学院的机器人实验室。

在自然孕育物与机械造物之间的冲突中，马克·波林无疑是后者的拥趸。他说：“机器有话要对我们说。每当我开始设计一场新的表演，我都自问，这些机器想做什么？比如这台老旧的挖土机，让我仿佛看到某个乡下小伙子每天都开着它，在烈日下替电话公司挖沟。老挖土机厌倦了这种生活，它腰酸背痛，尘土满面。我们找到它，问它想干些什么。也许它想加入我们的演出呢。我们就这样四处奔走，去搭救那些被人废弃，甚至已经被肢解的机器。我们必须问自己，这些机器到底想做什么，它们想被刷成什么颜色？于是，我们考虑到颜色和灯光的协调。我们的表演不是为人们办的，而是给机器办的。我们从不关心机器该如何取悦我们。我们关心的是如何取悦它们。这就是我们的表演——为机器举办的表演。”



机器也需要娱乐。它们有自己的复杂性，有自己的日子要过。通过制造更加复杂的机器，我们正赋予它们自治的行为，因此它们不可避免地会产生自己的打算。“这些机器在我们为它们创造的世界里过得自由自在。”波林对我说道，“它们的行为举止非常自然。”

我问波林：“假使机器的表现遵循自然之道，那它们是否也有天赋万物的权利？”“那些大家伙有很多权利，”波林说道，“我学会了尊敬它们。当其中一个大块头朝你走来的时候，它保有行走的权利，你就得给它让道。这就是我尊敬它们的方式。”

如今的问题是，我们并不尊敬我们的机器人。它们被堆放在没有窗户的工厂里，干些没人乐意干的活。我们把机器当奴隶一样使唤，其实本不该如此。人工智能研究的先驱、数学家马文·明斯基 [7] 曾对那些肯倾听的人表达过这样的意见。他不遗余力地鼓吹把人脑的智能下载进计算机。而发明了文字处理技术、鼠标和超媒体的神奇小子道格拉斯·英格巴特 [8]，却提倡电脑为人服务的理念。20世纪50年代，这两位宗师曾在麻省理工学院相遇，留下一段脍炙人口的对话：

明斯基：我们要赋予机器智慧，让它们有自我意识！

英格巴特：你要给机器做那么多好事？那你打算给人类做点什么呢？

那些致力于使电脑界面更友好、更人性化、更以人为本的工程师们常常会讲起这个故事。而我却固持明斯基的理念——站在造物物的一边。人类有自己的生存之道。我们会训练机器来伺候我们。那么，我们打算为机器做点什么呢？

如今，世界上工业机器人的总数已经接近100万。然而，除了旧金山那个疯狂的坏小子艺术家，没有谁会问机器人想要什么。人们认为

那是可笑、不合时宜的，甚至是大不敬的。

诚然，在这上百万的“自动装置”中，99% 的装置只不过仅仅赢得了手臂的美名。它们是聪明的手臂，能做手臂可以做的所有事情，并且不知疲倦。不过，作为我们曾经所希望的“机器人”，它们仍然既瞎且哑，并且还得靠墙上的插座养活。

除了马克·波林的那些失控的机器人以外，今天绝大多数肌肉僵硬的自动装置们都笨重、迟缓，而且还要靠救济过日子——离不开持续的电力供给和人类脑力的驾驭。很难想象这些家伙会衍生出什么有趣的事情。即便再给它安个胳膊、几条腿或者一个脑袋，你得到的还是一个昏昏欲睡的巨兽。

我们想要的是那个叫作罗比的机器人 [\[9\]](#)，是那个科幻小说中的原型机器人——一个真正自由自在、自主导航、能量自给的机器人，一个让人大惊失色的机器人。

近来，一些实验室的研究者们意识到，要想造出罗比，其最有效的途径是拔掉静态机器人身上的电源插头，制造出“移动的机器人”。如果静态机器人的手臂里能完全容纳下能量块和大脑，那也许还马马虎虎。其实，任何机器人只要能够做到独立行走和独立生存，就会更上层楼。尽管波林有些玩世不恭和多愁善感，但他所造出的机器人，屡屡打败那些世界顶级大学所研制出来的机器人。而他所用的设备恰恰是那些大学所摈弃的。对金属自身局限性和自由度的深刻理解弥补了波林没有学位的弱点。他在制造那些有机机器的时候从不用设计图。有一次，为了逗逗一位穷追不舍的记者，波林带他走遍自己的工作室，翻找正在开发的跑步机器的“计划书”。两人费力扒拉了20分钟（“我记得上个月图纸就在这里来着”），最终在破旧不堪的金属写字台最底下一个抽屉里的一本1984年发黄的电话簿下面，找到一张纸。

纸上是用铅笔勾勒出一台机器，其实就是一张草图，没有任何技术说明。

“都在我脑子里呢。我只需在金属块上划划线，就可以动手切割了。”波林拿起一块车削精细的两英寸厚的铝制工件对我说。铝块略显出暴龙前肢骨骼的形状。工作台上还有两块和它一模一样的成品。他正在做第四个。这些铝块将来会安在一头骡子大小的会跑的机器身上，作为其四肢的一部分。

波林的跑步机器并不真的会跑。它只是走得快一些而已，偶尔会有些踉跄。还没人能制做真正会跑的机器人。几年前，波林制造出一个结构复杂的特大型四足行走机器，高12英尺，方方正正的，既不聪明也不敏捷，但它确实拖着脚慢慢地挪动了。四条树干粗的方柱就是它的四条腿，由巨大的变速器和杂乱的液压管来共同驱动。如同生存研究实验室的其他发明一样，这头笨拙的怪兽由一台模型汽车的遥控器来操纵。换句话说，这头怪兽就是一只重达2000磅但大脑却小如豌豆的恐龙。

尽管已在研发上投入了千万巨资，还没有哪位计算机高手可以摆弄出一台靠自己的智能穿过房间的机器。有些机器人要么磨磨蹭蹭花上数天的时间，要么莽莽撞撞一头碰到家具上，要么刚走完四分之三就出了故障。1990年12月，在经过了10年的努力之后，卡耐基—梅隆大学“野地机器人学 [\[10\]](#) 中心”的研究生们终于组装出了一台机器人，并命名为“漫步者”。它慢慢地横穿了整个院子，大约走了100英尺。

“漫步者”的个头比波林的拖脚走巨物还要大，原本的研发目的是用来做远地行星考察的。但是卡耐基—梅隆的这个庞然大物还在样机阶段就花费了纳税人几百万美元，而波林的拖脚走怪兽只花了几百块，其中三分之二买了啤酒和披萨。这位19英尺高的铁打的“漫步者”先生重达两吨，这还没算它那搁在地上的沉甸甸的大脑。这台巨大



的机器在院子里蹒跚学步，每一次迈步都要经过深思熟虑。除此之外它不干别的。在等待了这么久之后，能走得不被绊倒就足以让人们感到欣慰了。“漫步者”的父母亲们满意地为它的人生第一步鼓掌喝彩。

动动六条蟹爪似的腿对“漫步者”而言是最轻松的事，而试图搞清楚自己身处何地就太难为这个巨人了。即使只是简单地描绘出地形，让自己可以计算出行动的路径，也成了“漫步者”的噩梦。它不怕走路，却要花大量的时间考虑院子的布局。“这肯定是个院子，”它对自己说，“这儿有些我可以走的路径。不过，我得把它们和我脑子里的院子地图一一比对，然后选择最佳的那条。”“漫步者”通常要在头脑中创建出环境的轮廓图，然后根据这张轮廓图来为自己导航；每走一步都要更新一次轮廓图。中央电脑中用来管理“漫步者”的激光成像仪、传感器、气压足肢、齿轮箱和电机马达的程序长达数千行。尽管重二吨并有两层楼那么高，这个可怜虫却只靠它的头活着。而这个头是用一条长长的电缆连在它身上。

我们拿“漫步者”一只大脚垫下面的小蚂蚁作比较。“漫步者”好不容易才从院子这头踱到那头时，蚂蚁已经跑了个来回。一只蚂蚁的分量，脑袋加身体才百分之一克——也就米粒那么大点儿。它既没有对整个院子的印象，也对自己身处何地一无所知。然而它却能在院子里畅行无阻，甚至想都不用想。

研发人员把“漫步者”造得粗壮硕大是为了抵御火星上极端的严寒风沙环境，在火星上它不会那么重。然而具有讽刺意味的是，由于“漫步者”的块头太大，这辈子无论如何去不了火星了；只有蚂蚁那么小的机器人才有希望。

用蚂蚁式移动机器人来作为解决方案是罗德尼·布鲁克斯<sup>[11]</sup>的设想。这位麻省理工学院的教授觉得与其浪费时间制造一个无用的天才，还不如制造千万个有用的白痴。他指出，往行星上派送一个自负

智力的超重恐龙恐怕是飘渺无期的，而派送一大群能做事的机械蟑螂却有可能使我们获得更多的信息。

布鲁克斯于1989年发表了一篇论文，题为《快速、廉价、失控：一场太阳系的机器人入侵》（*Fast, Cheap and Out of Control: A Robot Invasion of the Solar System*）。该论文后来被广为引用。他在文中声称，“若干年内利用几百万只低成本小机器人入侵一颗地外行星是可能的。”他提议用一次性火箭发射一群鞋盒大小的太阳能推土机去入侵月球。派出一支由无足轻重、能力有限的机器人个体组成的军队，让它们协同完成任务，并允许它们自由行动。有些士兵会死掉，大多数会继续工作，并最终做出一些成绩。这支移动机器人大军可以用现成的部件在两年内完成组装，然后用最便宜的单程环月轨道火箭发射。就在别人还在为某个大笨家伙而争论不休的时候，布鲁克斯可能早已把侵略大军制造出来并派出去了。

国家宇航局的官员们有理由听从布鲁克斯的大胆计划。从地球上进行远程控制的效果不太令人满意。一个在裂缝边缘摇晃的机器人，需要等上一分钟才能接到从地面站发来的指令。因此，机器人必须实现自治。一个宇航机器人不能像“漫步者”那样，身在太空，头在地球。它必须随身携带自己的大脑，完全依靠内在逻辑和规则运行，无需与地球进行过多的通讯。它们的头脑不必非常聪明。比方说，要在火星表面清理出一块着陆场，移动机器人可以每天花上12小时的笨功夫去刮平一块区域。推，推，推，保持地面平整！他们当中单拿出来任何一个，可能干得都不是很好，但当成百个机器人进行集团化作业的时候，就能出色地清理出一片建筑地基。日后，当人类的考察队着陆时，宇航员可以让那些依然活着的移动机器人们休息一下，并赞赏地拍拍它们的头。

绝大多数的移动机器人会在着陆后的数月内死去。日复一日的严寒酷热会使电脑芯片开裂失效。但就像蚂蚁群落，单个的移动机器人

是无足轻重的。和“漫步者”相比，它们被发射到太空的费用要便宜上千倍；这样一来，即便发射数百个小机器人，其成本也只是一个大机器人的零头。

布鲁克斯当初想入非非的主意如今已经演化为国家宇航局的正式项目。“喷气推进实验室”[\[12\]](#)的工程师们正在创造一种微型漫游者。这个项目刚开始的时候是想制造一个“真正的”行星漫游者的微缩模型。但当人们逐渐认识到小尺寸及分布式的优点后，微型漫游者本身就变成了真正的成果。国家宇航局的这个微型机器人原型看上去很光鲜：六轮行走，无线电遥控，象台儿童沙滩车。某种意义上说它确实是辆沙滩车，不过它还是太阳能驱动和自引导的。计划于1997年启动的火星环境勘测[\[13\]](#)任务里，可能会有一大批这样的微型漫游者担纲主角[\[14\]](#)。

微型机器人可以用现成的部件快速搭建。发射它们很便宜，而且一旦成群释放，它们就会脱离控制，无需持续的（其实可能是误导的）管理。这种粗犷但却实用的逻辑，完全颠覆了大多数工业设计者在设计复杂机械时采用的缓慢、精细、力图完全掌控的解决之道。这种离经叛道的工程原理简化成了一个口号：快速、廉价、失控。工程师们预见，遵循此道的机器人将适用于以下领域：（1）探索星球；（2）采集、开矿、收割；（3）远程建设。

## 3.2 快速、廉价、失控

“快速、廉价、失控”的口号最早出现在会展中工程师的胸牌上，后来罗德尼·布鲁克斯将之用于自己那篇引起轰动的论文的标题中。新的逻辑带来对机器全然不同的新视角。移动机器人群体中并没有控制

中心。他们分散在时空里，正如一个民族穿越了历史和大陆。大量地制造这些机器人吧，别把它们看得过于珍贵。

罗德尼·布鲁克斯在澳大利亚长大成人。和别的男孩一样，他喜欢读科幻小说，喜欢做玩具机器人。他养成了反过来看事物的习惯，总是爱逆寻常的观念行事。他不断进出全美各大顶尖机器人研发实验室，追寻关于机器人的奇思异想，最后接受了麻省理工学院移动机器人研究项目负责人的终身职位。

在那里，布鲁克斯开展了一个雄心勃勃的研究生课题项目，研发更接近昆虫而非恐龙的机器人。第一个诞生的是“阿伦”。他的头脑保存在旁边的台式电脑里，因为当时的机器人研发者都这么做，以获得值得保存的大脑。阿伦的身体具有视觉、听觉和触觉，它所感知到的信号通过几股线缆传送到那个盛放大脑的“盒子”里。在这些线缆上会产生太多的电子背景干扰，使布鲁克斯和他的团队倍受困扰，挫折不断。为解决这一问题，布鲁克斯换了一个又一个学生。他们查遍了各种已知的传播介质，甚至尝试了业余无线电、警用对讲机、手机等多种替代方案，但无论哪种方案，都无法建立不受静电干扰又能传输丰富多样信号的连接。最后布鲁克斯和学生们都发誓，不管必须把大脑设计得多么小，下一个项目非把大脑中枢整合到机器人体内不可——这样就再也用不着那些惹麻烦的线缆了。

因此，在制作后两个机器人“汤姆”和“杰瑞”时，他们被迫只使用非常简单的逻辑步骤以及短且简单的连接。出乎意料的是，在完成简单任务时，这种简陋的自带神经电路居然比大脑表现得更好。这个不大不小的收获促使布鲁克斯重新审视弃儿“阿伦”。他后来回忆道，“事实证明，阿伦的头脑真没起什么作用。”

这次精简让布鲁克斯尝到了甜头，并促使他继续探索，看看机器人能傻到什么程度但仍能做些有用的工作。最终，他得到了一种基于

反射的智能。具有这种智能的机器人不比蚂蚁更聪明，但它们和蚂蚁一样能给人以启迪。

布鲁克斯的设想在一个叫“成吉思”的机巧装置上成形。成吉思有橄榄球大小，象只蟑螂似的。布鲁克斯把他的精简理念发挥到了极致。小成吉思有6条腿却没有一丁点儿可以称为“脑”的东西。所有12个电机和21个传感器分布在没有中央处理器的可解耦网络上。然而这12个充当肌肉的电机和21个传感器之间的交互作用居然产生了令人惊叹的复杂性和类似生命体的行为。

成吉思的每条小细腿都在自顾自地工作，和其余的腿毫无关系。每条腿都通过自己的一组神经元——一个微型处理器——来控制其动作。每条腿只需管好自己！对成吉思来说，走路是一个团队合作项目，至少有6个小头脑在工作。它体内其余更微小的脑力则负责腿与腿之间的通讯。昆虫学家说这正是蚂蚁和蟑螂的解决之道——这些爬行昆虫的足肢上的神经元负责为该足肢进行思考。

在机器蟑螂成吉思身上，行走通过12个马达的集体行为而完成。每条腿上两个马达的起落，取决于周围几条腿在做什么动作。如果它们抬起落下的次序正确的话，那么，起步！一、二、一，一、二、一！——就“走起来”了。

这个精巧的装置上没有任何一部分是掌管走路的。无需借助高级的中央控制器，控制会从底层逐渐汇聚起来。布鲁克斯称之为“自底向上的控制”。自底向上的行走，自底向上的机敏。如果折断蟑螂的一肢，它会马上调整步态用余下的五肢爬行，一步不乱。这样的转换不是断肢后重新学习来的；这是即时的自我重组。如果你弄废了成吉思的一条腿，还能走的其余5条腿会重新编组走路，就如同蟑螂一样，轻易地找到新的步态。

布鲁克斯在他的一篇论文里首先阐述了怎样使造物“无知无觉”地走路的方法：

没有所谓的中央控制器来指导身体把脚放在哪里，或者跨过障碍时要把腿抬多高。实际上，每条腿都有权做些简单动作，而且每条腿都能独立判断在不同环境下该如何行事。举例来说，一个基本动作的意识是，“如果我是腿而且抬起来了，那么我要落下去”，而另一个基本动作的意识可描述为，“如果我是一条腿并且在向前动，得让那5个家伙稍微拖后一点”。这些意识独立存在且随时待机，一旦感知的先决条件成立就会触发。接下来，要想开步行走，只需按顺序抬起腿（这是唯一可能需要中央控制的地方）。一条腿一抬起来就会自动向前摆动，然后落下。而向前摆动的动作会触动其余的腿略微向后挪动一点。由于那些腿正好接地，身体就向前移动了。

一旦机器生物能在平滑表面稳步前行了，就可以增添一些其他动作使它走得更好。要让成吉思翻越横亘在地板上的电话簿，需要安装一对触须，用来把地面上的信息传递回第一组腿。来自触须的信号可以抑制电机的动作。此规则可能是：“如果你感觉到什么，我就停下；不然我还接着走。”

成吉思在学会爬过障碍物的同时，其基本的行走模式却未受到丝毫扰乱。布鲁克斯借此阐释了一个普适的生物原则——一个神律：当某个系统能够正常运转时，不要扰乱它；要以它为基层来构建。在自然体系中，改良就是在现存的调试好的系统上“打补丁”。原先的层级继续运作，甚至不会注意到（或不必注意到）其上还有新的层级。

当你的朋友告诉你走哪条路去他家的时候，绝不会顺便告诫你“千万别撞车”，即便你确实必须遵守此训诫。他们不需要就那个低层次的

目标和你沟通，因为你熟练的驾车技术早已保证那个目标会轻易实现。而走哪条路去他家就属于高层次的活动了。

动物（在进化过程中）的学习方式与此类似。布鲁克斯的移动机器人亦是如此。它们通过建立行为层级来学会穿越复杂的世界，其顺序大致如下：

◎避免碰触物体

◎无目的地漫游

◎探索世界

◎构造内在地图

◎注意环境变化

◎规划旅行方案

◎预见变化并相应修正方案

在碰到障碍物的时候，负责无目的漫游的部门会毫不在意，因为负责避免碰触物体的部门早已对此应对自如了。

布鲁克斯移动机器人实验室的研究生们制作了一个拾荒机器人，他们开心地称它为“搜集癖好机”——一到晚上，它就在实验室里四处搜集空饮料罐。它的无目的漫游部门让它在每个房间里晃来荡去；避免碰触部门则保证它在漫游的时候不会磕碰上家具。

搜集癖好机整晚地闲逛，直到它的摄像头侦测到桌子上一个饮料罐形状的物体。信号触动移动机器人的轮子，将其推进到饮料罐正前方。搜集癖好机的胳膊并不需要等待中枢大脑（它也没脑子）发出指令，就能够通过周围环境“了解”自己所处的位置。它的胳膊上连有传

递信号的导线，以便胳膊能够“看”到轮子。如果它察觉，“噢，我的轮子停下了”，它就知道，“我前面肯定有个饮料罐”。于是，它伸出胳膊去拿罐子。如果罐子比空罐子重，就留在桌子上；如果和空罐子一样轻，就拿走。机器人手拿着空罐子继续无目的地漫游（因为有避免碰触部门的帮助，它不会撞墙或磕到家具），直到偶遇一只回收筒。这时，轮子就在回收桶前停下。傻乎乎的胳膊会“查看”自己的手是否拿着罐子，如果是，就会扔进回收筒。如果不是，就再次在办公室里四处漫游，直到发现下一个罐子为止。

这个荒唐的、“撞大运”的回收系统效率极其低下。但夜复一夜，在没有什么其他事好做的情况下，这个傻乎乎却很可靠的拾荒者居然搜集到数量可观的铝罐子。

如果在原有的正常工作的搜集癖好机上添加一些新的行为方式，就能发展出更复杂的系统。复杂性就是这样依靠叠加而不是改变其基本结构而累积起来的。最底层的行为并不会被扰乱。无目的漫游模块一旦被调试好，并且运转良好，就永远不会被改变。就算这个无目的漫游模块妨碍了新的高级行为，其所应用的规则也只是会被抑制，而非被删除。代码是永远不变的，只是被忽略了而已。多么官僚却又多么生物化的一种方式啊！

更进一步说，系统的各个部分（部门、科员、规则、行为方式）都在不出差错地发挥作用——犹如各自独立的系统。“避免碰触部门”自顾自地工作，不管“拿罐子部门”在不在做事。“拿罐子部门”同样干自己的工作，不管“避免碰触部门”在不在做事。青蛙的头即便掉下来了，它的腿还会抽跳，就是这个道理。

布鲁克斯为机器人设计的分布式控制结构后来被称作“包容架构”（*Subsumption Architecture*），因为更高层级的行为希望起主导作用时，需要包容较低层次的行为。



如果把国家看成一台机器，你可以用包容架构来这么建造：

你从乡镇开始。先解决乡镇的后勤：基本工作包括整修街道、敷设水电管道、提供照明，还要制定律法。当你有了一些运转良好的乡镇，就可以设立郡县。在保证乡镇正常运作的基础上，你在郡县的范围内设立法院、监狱和学校，在乡镇的层级之上增加了一层复杂度。就算郡县的机构消失了，也不会影响乡镇照常运转。郡县数量多了，就可以添加州的层级。州负责收税，同时允许郡县继续行使其绝大部分的职权。没有州，乡镇也能维持下去，虽然可能不再那么有效率或那么复杂。当州的数量多了，就可以添加联邦政府。通过对州的行为做出限制并承载其层面之上的组织工作，联邦层级包容了州的一些活动。即使联邦政府消失了，千百个乡镇仍会继续做自己的地方工作——整修街道、敷设水电管道、提供照明。但是当乡镇工作被州所包容，并最终被联邦所包容时，这些乡镇工作就会显示出更强大的功效。也就是说，以这种包容架构所组织起来的乡镇，在开展建设、实施教育、执行管理、繁荣经济方面，都可以做得比独自运作时好许多。美国政府的联邦结构就是一个包容架构。

### 3.3 众愚成智

大脑和身体的构建方式是相同的，自下而上。与从乡镇开始类似，你会从简单行为——本能或反射——开始。先生成一小段能完成简单工作的神经回路，接下来让大量类似的回路运转起来。之后，复杂行为从一大堆有效运作的反射行为中脱颖而出，你也就此构建出第二个层级。无论第二层级生效与否，最初的层级都会继续运作。但当第二层级设法产生一个更复杂的行为时，就把下面层级的行为包容进来了。

以下是由布鲁克斯的移动机器人实验室开发出来的一套普适分布式控制方法：

- ◎先做简单的事。
- ◎学会准确无误地做简单的事。
- ◎在简单任务的成果之上添加新的活动层级。
- ◎不要改变简单事物。
- ◎让新层级像简单层级那样准确无误地工作。
- ◎重复以上步骤，无限类推。

这套办法也可以作为管理任何一种复杂性的诀窍，事实上它也就是用作这个的。

你不会指望依赖一个中心化的大脑来管理整个国家的运转。假如你想修修家里的下水道，还得打电话给华盛顿的联邦下水道修理局预约，你能想象自己会搅起怎样一连串可怕的事情吗？

在做某件复杂的事情时——比如治理一亿人口或靠两条细细的腿走路，人们最常想到的办法就是，按顺序列出一个需要完成的任务清单，然后在中央指挥部或大脑的指令下完成这些任务。苏联的经济就是按这种合乎逻辑却又极不切合实际的方式运作的。其组织模式的内在不稳定性早在苏联解体之前就显现出来了。

中枢指挥下的身体较之这种中央指令型经济也绝好不到哪里去。然而一直以来主流的机器人研发、人造生物、人工智能走的都是中枢指挥的套路。那些头脑中心论的家伙们培育出的机器人，到现在都还没能复杂至可以“崩溃”的程度，对此布鲁克斯一点也不感到奇怪。

布鲁克斯一直致力于培育没有中枢头脑的系统，以使系统拥有当得起“崩溃”的复杂性。在一篇论文里，他把此类没有中枢的智能称为“非理性智能”，其含义生动而微妙，语带双关。一方面，这种基于自下而上层累结构的智能本身并没有用于进行推理的机制，另一方面，这种智能的涌现也毫无推理可遵循。

苏联的崩溃并非因为中央集权体制扼杀了经济，而是因为所有由中央控制的复杂系统都僵化且不稳定。如果按中央集权控制的模式设计机构、公司、工厂、生物体、经济、还有机器人，那它们都难以繁荣下去。

是啊，我听见你咕哝了，作为人类，难道我没有一个中央大脑吗？

人类有大脑，但它既非中央集权，也没有所谓的中心。“认为大脑有一个中心的想法是错误的，而且错得还很离谱。”丹尼尔·丹尼特[15]这样断言。丹尼特是塔夫茨大学哲学系教授，长期鼓吹意识的“功能性”视角：意识的各种功能，比如思考，都来自各司其职思考的部分。爬虫似的移动机器人所具有的半意识，就是动物和人类意识的极好样本。据丹尼特的说法，人体内没有一处是用来控制行为的，也没有一处会创造“行走”，没有所谓的灵魂居所。他说：“如果你仔细看看大脑内部，会发现这是一所无人居住的空房子。”

丹尼特正在慢慢地说服很多心理学家，让他们相信，意识是从一个由许许多多微渺而无意识的神经环路构成的分布式网络中涌现出来的。丹尼特告诉我：“旧的模式认为，大脑中存在一处中心位置，一座隐秘圣殿，一个剧场，意识都从那里产生。也就是说，一切信息都必须提交给一个特使，以使大脑能够察觉这些信息。你每次做出的有意识决定，都要在大脑峰会上得到最终确认。本能反射例外，它们是穿山而过的隧道，因而得以不参加意识峰会。

按照这种逻辑（这在脑科学领域绝对正统），丹尼特说：“一个人开口讲话时，大脑里就生成了一个语言输出盒。由某些讲话工匠编撰排版好要说的话，再放进盒子里。讲话工匠服从一个叫‘概念生成者’的子系统的指示，得到一些先于语言构成的信息。当然，概念生成者也得从某个来源获取信息，于是，类似的控制过程便无限地回溯下去。”

丹尼特称这种观念为“唯中央意图”。想要表达的意思从大脑中央权威处层层下传。他从语言的角度对这种观点进行了描述——就像“有位四星上将对部队训话：‘好了，伙计们，你们的活儿来了。我想狠啐这家伙一顿。快找个合适的话题，再造些英语脏话，然后发送过来。’假如说话要经过这么一个流程，想想也觉得泄气”。

丹尼特说，实际的情况更像是“有许多微不足道的小东西，本身并没有什么意义，但意义正是通过其分布式交互而涌现出来的”。一大堆分散的模块生成常常自相矛盾的原材料——这儿有一个可用的词，那儿有一个不确定的词。“语言就是从这样一堆杂乱无章、不完全协调，甚至是互相竞争的词中冒出来的。”

我们常用文学的手法来修辞讲话，把它看成意识的畅流，就如同我们头脑里正在播放新闻广播。丹尼特说：“并没有什么意识之流。意识的苗头往往是多发并存的，或者说，有许多不同的意识流，没有哪一条是被单独选出来的。”心理学家先驱威廉·詹姆斯 [16] 在1874年写道，“……思维在任何阶段都像是一个舞台，上演着各种并发的可能性。意识在这些可能性互相比对的过程中起起落落，选此即抑彼……”

彼此各异的思智们吵闹着，共同形成了我们所认为的“统一的智慧”。马文·明斯基把这称为“心智社会” [17]。他将其简单形容为“你可以通过许多微小的反应建立知觉意识，每种反应自己却都是无知无觉的”。想象一下，有很多独立的专业机构关心各自的重要目标（或本

能），诸如觅食、饮水、寻找庇护所、繁殖或自卫，这些机构共同组成了基本的大脑。拆开来看，每个机构都只有低能儿的水平，但通过错综复杂的层累控制，以许多不同的搭配组合有机结合起来，就能创造高难度的思维活动。明斯基着重强调，“没有心智社会就没有智能。智慧从愚笨中来。”

心智社会听起来和心智的官僚主义似乎大同小异。实际上，如果没有进化与学习的压力的话，头脑中的心智社会就会流于官僚主义。然而正如丹尼特、明斯基、布鲁克斯等人预想的一样，一个复杂组织里愚钝的个体之间总是为了获得组织资源和组织认同而相互竞争又共存合作。竞争个体间的合作是松散的。明斯基认为，智能活动产生于“几乎各自离散的个体，为了几乎各自独立的目的而结合的松散的联盟”。胜者留存，败者随时间而消逝。从这层意义上来看，头脑并非垄断独裁，而是一个无情而冷酷的生态系统，在这里，竞争孕育出自发的合作。

心智的这种微混沌特性甚至比我们所能体会的还要深刻，甚至到了让我们的内心感到不安的程度。很有可能，心智活动实际上就是一种随机或统计现象——等同于大数定律 [\[18\]](#)。这种随机分布式鼓荡生灭的神经脉冲群落构成了智力活动的基石；即使给定一个起点，其结果也并非命中注定。没有可重复的结局，有的只是随机而生的结果。某个特定念头的涌现，都需要借助一点点运气。

丹尼特对我坦承：“我为何痴迷于这个理论？因为当人们第一次听到这种说法时会不禁摇头大笑，但接着再想想，他们会觉得也许真是对的！后来随着思考越发深入，他们意识到，哦不，这不仅有可能是对的，而且某些观点肯定是对的！”

就像丹尼特和其他人都注意到的那样，人类并不多见的多重人格综合症在某种程度上源于人类意识的分散化和分布式特性。每一个人

格——不论是比利还是莎莉，都共用同一群人格代理以及同一群执行者和行为模块，却产生出显著相异的角色。罹患多重人格障碍的病人实际上将他们人格中的某个碎片（或者说，某个群组）当作一个完整的人格表现出来了。外人永远不知道他们在和谁交谈。病人看上去缺失了一个“我”。

而我们难道不都是这样的吗？在生活的不同时期，在不同的心境下，我们也变换着自己的性格。当某个人被我们内心世界的另一面所伤害时，她会冲着我们尖叫：“你不是我所熟悉的你了！”“我”是我们内心世界的一个笼统外延，我们以此来区分自己和他人。一旦“我”失去了“我”，就会忙不迭地创设一个“我”。明斯基说，我们正是这么做的。世上本无“我”，不过是庸人自设之。

人无“我”，蜂窝无“我”，野兽无“我”，公司无“我”，家国无“我”，任何活物都没有“我”。一个活系统的“我”是一个幽灵，是不知晦朔的朝菌。它就如同亿万个水分子汇成的瞬间的漩涡，指尖轻轻一碰，便即销铄无形。

然而须臾之际，那些分布在低层的乌合之众又搅起了漩涡。这个漩涡是新象，抑或是旧影？你有过濒死体验吗？是感觉再世为人，还是只感觉成熟了一点？如果本书的章节打乱次序，还会是原来这本书吗？想想吧，想到白头愁未解，你就明白什么是分布式系统了。

### 3.4 嵌套层级的优点

每一个单独的生物个体内都有一大群非生物的东西。将来有一天，每一台单独的机器内也会有一大群非机械的东西。不管是哪种类型的群体，他们都一方面各忙各的，另一方面又组成了一个新的整体。

布鲁克斯写道：“包容结构实质上是一种将机器人的传感器和执行器连接起来的并行分布式计算。”这种架构的要点在于将复杂功能分解成小单元模块并以层级的形式组织起来。很多观察家津津乐道于分布式控制的社会理想，听说层级是包容结构中最重要和最核心的部分时，却很反感。他们会问，难道分布式控制不就意味着层级机制的终结吗？

当但丁一层层爬上天堂的九重天时，他所攀爬的是一座地位的层级。在地位层级里，信息和权力自上而下地单向传递。而在包容或网络层级架构里，信息和权力自下而上传递，或由一边到另一边。布鲁克斯指出：“不管一个代理或模块在哪一个层级工作，他们均生来平等……每个模块只需埋头做好自己的事。”

在人类的分布式控制管理体系中，某些特定类型的层级会得到加强而非减小消失。在那些包含人类节点的分布式控制体系内更是如此，比如巨大的全球计算机网络。许多计算机领域的活动家大力鼓吹网络经济的新纪元——一种围绕计算机点对点网络建立起来的新纪元，认为是时候抛弃那些等级森严的网络了。他们的说法既对又错。虽然那种专制的“自上而下”的层级结构会趋于消亡，但是，若离开了“自下而上”控制的嵌套式层级，分布式系统也不会长久。当同层的个体之间相互影响时，它们自然而然聚合在一起，形成完整的细胞器官，并成为规模更大但行动更迟缓的网络的基础单元。随着时间的推移，就形成了一种基于由下而上渗透控制的多层级组织：底层的活动较快，上层的活动较慢。

通用的分布式控制的第二个重要方面在于控制的分类聚合必须从底部开始渐进累加。把复杂问题通过推理拆解成符合逻辑的、互相作用的因子是不可能的。动机虽好，但必然失败。例如，合资企业如果只是一个空壳，其垮掉的可能性是非常高的；为解决另一部门的问题而创生的大型机构，其本身也成了问题部门。



数学运算时除法比乘法难，同样道理，自上而下的分类聚合也不可行。几个质数相乘得出答案很容易，小学生就会做。但要对一个大数做分解质因数，最超级的计算机也会卡壳。自上而下的控制就如同将乘积分解成因子一样困难，而用因子来得到乘积则非常容易。

相关的定律可以简明地表述为：必须从简单的局部控制中衍生出分布式控制；必须从已有且运作良好的简单系统上衍生出复杂系统。

为了验证自下而上的分布式控制理论，罗切斯特大学研究生布赖恩·山内<sup>[19]</sup>制作了一个号称“杂耍抛球”的机器胳膊。胳膊的任务是用拍子反复弹拍一只气球。这只机器胳膊并没有一个大脑来对气球定位并指挥拍子移动到气球下方，再用适合的力量弹拍；相反，山内将这些定位和控制力量的工作分散化了。最终的动作平衡是由一群愚笨的“代理”组成的委员会来完成的。

举例来说，把“气球在哪里”这个最复杂的难题细分为几个独立的问题，将其分散到许多微型逻辑电路中。某一个代理只考虑一个简单问题：气球在触手可及的范围内吗？——一个相对容易操作的问题。主管此问题的代理对何时拍击气球一无所知，甚至也不知晓气球在哪里。它的单一职责就是当气球不在胳膊上的摄像仪的视线内时指令胳膊倒退，并持续移动直到气球进入视野。由这些头脑简单的决策中心所组成的网络或社会就构成了一个机体，能够展现出非凡的敏捷性和适应性。

山内说：“行为代理之间并没有明确的信息交流。所有的交流都是通过观察其他代理的动作在外界环境里留下的痕迹和影响而得以进行的。”像这样保持事物的局部性和直接性，就可让社会进化出新的行为方式，同时也避免了伴随“硬件”通讯过程而产生的复杂度爆炸问题。和流行的商业说教相反，把每件事告知每个人并非智慧的产生方式。



“我们更进一步地拓展了这个想法，”布鲁克斯说道，“并常常利用外部世界作为分布式部件间的交流媒介。”一个反射模块并非由另一个模块来通知它做什么，而是直接感知外部世界反射回来的信息，然后再通过其对外部世界的作用把信息传递给他人。“信息有可能会丢失——实际上丢失的频率还很高。但没关系，因为代理会一遍又一遍地不断发送信息。它会不断重复‘我看见了，我看见了，我看见了’的消息，直到胳膊接收到信息并采取相应动作改变外部世界，该代理才会安静下来。”

### 3.5 利用现实世界的反馈实现交流

过度集中的通讯负荷并非中央大脑仅有的麻烦。中央内存的维护同样让人感到头痛。共享的内存必须严格、实时、准确地更新，很多公司对此都深有感触。对机器人来说，控制中心要承担的艰巨任务是根据自己的感知来编辑或更新一个“外部世界模型”，一个理论，或者一个表述——墙在哪里，门还有多远，还有，别忘了，留神那里的楼梯。

如果由不同感应器反馈回来的信息互相冲突，大脑中枢该怎么办？眼睛说有物体过来了，而耳朵却说那物体正在离去。大脑该信谁的？合乎常理的做法是尽力找出真相。于是，控制中心调节纠纷并重新修正信号，使之一致。在非包容结构的机器人中，中央大脑的计算资源大都消耗在根据不同视角的反馈信号绘制协调一致的外部世界映像上。系统每个部分对摄像头和红外传感器传回的海量数据有各自不同的解读，因而各自形成对外部世界大不一样的观感。这种情况下，大脑永远无法协调好所有的事情，因而总是一事无成。

要协调出一幅关于世界的中央视图实在太难了，而布鲁克斯发现利用现实世界作为其自身的模型要容易得多：“这个主意很棒，因为世

界确实是其自身相当好的模型。”由于没有中央强制的模型，也就没有人承担调解争议的工作，争议本身本不需要调和。相反，不同的信号产生出不同的行为。在包容控制的网络层级中，行为是通过抑制、延迟、激活等方式被遴选出来的。

实质上，对机器人来说（或者说对昆虫来说——布鲁克斯更愿这么表述），并不存在外部世界的映像。没有中央记忆，没有中央指令，没有中央存在。一切都是分布式的。“通过外部世界进行沟通可以避免根据来自触臂的数据调校视觉系统的问题。”布鲁克斯写道。外部世界自身成为“中央”控制者；没有映像的环境成为映像本身。这样就节约下海量的计算工作。“在这样的组织内，”布鲁克斯说，“只需少量的计算就可以产生智能行为。”

没有了中央机构，形形色色的个体们或是冒尖或是沉寂。我们可以这样理解布鲁克斯提出的机制，用他的话来说就是：“大脑里的个体们通过外部世界进行沟通来竞争机器人的身体资源。”只有成功做到这一点的那些个体才能得到其他个体的注意。

那些脑子转得快的人发现，布鲁克斯的方案正是市场经济的绝妙写照：参与市场活动的个体之间并没有交流，他们只是观察别人的行动对共同市场所造成的影响（不是行动本身）。从千百位我从未谋面的商贩那里，我得知了鲜蛋的价格信息。信息告诉我（含杂在很多别的信息里）：“一打鸡蛋比一双皮鞋便宜，但是比打两分钟国内长途贵。”这个信息和很多其他价格信息一起，指导了千万个养鸡场主、制鞋商和投资银行家的经营行为，告诉他们该在哪里投放资金和精力。

布鲁克斯的模型，不仅仅为人工智能领域带来了变革，它也是任何类型的复杂机体得以运作的真正模型。我们在所有类型的活系统中都能看到包容结构和网络层级机制。布鲁克斯总结了设计移动式机器人的5条经验，其表述如下：

- ◎递增式构建——让复杂性自我生成发展，而非生硬植入
- ◎传感器和执行器的紧密耦合——要低级反射，不要高级思考
- ◎与模块无关的层级——把系统拆分为自行发展的子单元
- ◎分散控制——不搞中央集权计划
- ◎稀疏通讯——观察外部世界的结果，而非依赖导线来传递讯息

当布鲁克斯把笨重且刚愎自用的机器怪兽压缩成一只卑微的、轻如鸿毛的小爬虫时，他从那次小型化的尝试中有了新的认识。以前，要想使一个机器人“更聪明”，就要为它配置更多的电脑部件，也就会使它更笨重。它越重，驱动马达就要越大。马达越大，供电所需的电池组就要越大。电池组体积越大，移动电池组的构架也就要越大，如此陷入恶性循环。这个恶性循环使得机器人脑与身体的比重朝着越来越小的趋势发展。

但如果这个循环反过来，则成为一个良性的循环。电脑部件越小，电机就可以越小，电池也越小，构架也越小，其对应尺寸的结构强度就越大。这也使得小型移动机器虫的大脑占身体的比重相应更大，尽管脑的绝对尺寸还是很小时。布鲁克斯的移动机器虫大都轻于10磅。成吉思，由模型汽车组件装配出来，仅重3.6磅。布鲁克斯想要在三年内推出体长1毫米（铅笔尖大小）的机器虫。他干脆叫它“机器跳蚤”。

布鲁克斯主张不仅要把这种机器人发送到火星上去，还要让它悄悄渗透在人类社会各个角落。布鲁克斯说，他想尽可能多地把人造生命引入现实生活，而非尽可能多地在人造生命里引入有机体。他想让世界各处充溢便宜的、微小的、无处不在的半思维机器生物。他举了个聪明门的例子。在你的住宅里，只需增加10美元成本，就可以在一

扇门上安装一个电脑芯片，它会知道你要出门了，或者听到另一扇门传递的信息说你过来了，它还会在你离去时通知电灯，诸如此类，等等。如果一幢大楼里的每扇门都会互相交谈，就可以帮助对气候进行控制，还可以帮助控制车流。如果在所有其他在我们现在看来冰冷乏味的设施里推广这些小小的入侵者，注入快捷、廉价、失控的小小智慧，我们就能拥有无数感觉灵敏的小家伙们。它们为我们服务，而且不断学习如何更好地为我们服务。

受到触动的布鲁克斯预言了这样一幅未来的美好画卷：我们的社会到处是人造生物，与我们和谐共处互相依赖，构成一种新型的共生关系。其中大部分并不被我们所察觉，而是被看成理所当然的事情。它们解决问题的方式被设计为昆虫的方式——众人拾柴火焰高，人多力量大，个体单元则微不足道。它们的数量将像自然界的昆虫一样远多于我们。事实上，布鲁克斯眼中的机器人不必像《星球大战》里的R2-D2那样为我们端茶倒水，只需在我们视线不及处自成一体，与万物同化。

移动机器人实验室有位学生制作了一款兔子大小的廉价机器人。它会观察我们在房间里的位置，随着你的走动不断调整你的立体声音响，从而达到最佳的音效。布鲁克斯也有一个创意，让一个小型机器人生活在我们客厅的某个角落或者沙发下面。它会像搜集癖好机那样四处游荡，专等你不在家的时候四处吸尘。你只有在回家发现地板光洁一新后才会意识到这位田螺姑娘的存在。还有个机器爬虫，会在电视机关着的时候从角落里面爬出来偷偷吸食机身上的灰尘。

每个人都幻想拥有可以编程的宠物。“汽车和马的最大区别，就是你无须每天照料汽车，却必须每天侍候马，”凯斯·汉森 [\[20\]](#)，一位颇受欢迎的技术布道者说，“我想人们一定希望动物也具备可以开关的功能。”

“我们热衷于制造人工存在物。”布鲁克斯在1985年的一篇文章中写道。他把人工存在物定义为一种可以脱离人类协助、在现实环境里生存数周乃至数月、并可以做一些有用工作的创造物。“我们的移动机器人就属于这种创造物。开启电源，它们就会融入外部世界，与之交互作用，寻求达成各种目标。别的机器人与之相比则大为不同。它们要遵循预设程序或计划，完成某项特别任务。”布鲁克斯坚持自己不会像大多数机器人设计师那样，为他的存在物设立玩具环境（即简单、容易的环境）。他说：“我们坚持建造能在现实世界里存在的完整系统，以免自欺欺人、逃避难题。”

时至今日，自然科学一直未能解决一个难题，就是如何建立一种纯意识。如果布鲁克斯是对的，那么这个目标也许永远无法实现。相反，意识将从愚笨的身体中生长出来。几乎所有从移动机器人实验室获得的经验教训都在告诉我们，在一个不宽容错误的真实世界里，离开身体就无从获得意识。“思考即行动，行动即思考，”海因茨·冯·福尔斯特 [\[21\]](#)，一位19世纪50年代控制论运动的启蒙者说道，“没有运动就没有生命。”

## 3.6 无躯体则无意识

我们人类认为自己更接近于机器人“漫步者”而非小小的蚂蚁，这种与生俱来的想法造就了“漫步者”体态臃肿的麻烦。自从医学证实了大脑在生理上的重要作用后，头脑就取代了心脏，成为我们现代人所认同的中心。

20世纪的人类完全依靠大脑而存在，因此，我们制造的机器人也是依靠大脑而存在。同样是些凡人的科学家认为，作为生灵的自己就

扎根在眼球后、前额下的那一小块区域。我们生息于此。到了1968年，脑死亡已经成为判断临床死亡的依据。无意识则无生命。

功能强大的计算机催生了无躯体智能的狂热幻想。我们都见过这样一种表述：意识可以栖居于浸泡在容器中的大脑里。现代人说，借助科学，我可以无需躯体而以大脑的形式继续存活下去。由于计算机本身就是巨大的头脑，所以我可以生存在计算机中。同样道理，计算机意识也可以轻易地使用我的躯体。

在美国通俗文化的盛典中，意识的可转移性已经成为被广泛信守的教条。人们宣称，意识转移是绝妙的想法、惊人的想法，却没有有人认为那是错误的想法。现代民众相信，意识可以像液体一样在容器间倒来倒去。由此产生了《终结者2》、《弗兰肯斯坦》等一大批类似的科幻作品。

不管结果如何，在现实中，我们不以头脑为中心，也不以意识为中心。即便真的如此，我们的意识也没有中心，没有“我”。我们的身体也没有向心性。身体和意识跨越了彼此间的假想边界，模糊了彼此间的差别。它们都是由大量的亚层次物质组成的。

我们知道，与其说眼睛像照相机，还不如说它更像大脑。眼球拥有超级计算机般的海量处理能力。我们的许多视觉感知在光线刚刚触及纤薄的视网膜时就发生了，比中枢大脑形成景象要早得多。我们的脊髓不只是一捆传输大脑指令的电话线，它也在思考。当我们把手按在胸口（而非额头），为我们的行为做出保证时，我们更接近于事情的真相。我们的体内流淌着荷尔蒙和多肽构成的浓汤，我们的情感漫游其中。脑垂体分泌的激素，释放出爱的念头（也许还有些可爱的想法）。这类荷尔蒙也处理信息。科学家们的最新推断表明，我们的免疫系统是一台神奇的并行分布式感知机，它能辨识并记住数以百万计的不同分子。

对布鲁克斯来说，躯体就意味着简洁、明了。没有躯体的智能和超越形式的存在都是虚妄的幽灵，给人以错觉。只有在真实世界里创造真实的物体，才能建立如意识和生命般的复杂系统。只有创造出必须以真实躯体而存活的机器人，让它们日复一日地自食其力，才有可能发掘出人工智能或真正的智慧。当然，假如你意图阻止意识的涌现，那么只管把它与躯体剥离开来。

### 3.7 心智/ 躯体的黑盲性精神错乱 [\[22\]](#)

单调乏味会使心智错乱。

40年前，加拿大心理学家赫伯斯 [\[23\]](#) 对一些案例发生了很大兴趣：据传，一些人在极度无聊的时候出现了诡异的幻觉。雷达观测员常常报告发现了信号，而雷达屏幕上却空空如也；长途卡车司机会突然停车，因为他看到搭便车的旅行者，而路上连个鬼影都没有。韩战期间，加拿大国防研究会邀请赫伯斯参与研究另一件棘手的事情，研究人体处于单调疲乏心理状态下的产物：招供。那些被俘联军士兵似乎在被敌人们洗脑之后宣布摒弃西方世界。他们也许受到过被关进隔绝水箱之类的折磨。

1954年，赫伯斯为此在蒙特利尔麦吉尔大学搭建了一间避光隔音的小房间。志愿者们呆在这个狭小的房间内，头上戴着半透明的防护眼镜，手臂裹着纸板，手上戴着棉手套，耳朵里塞着耳机，里面播放着低沉的噪音，在床上静躺两到三天。他们先是听到持续的嗡嗡声，不久即融入一片死寂。他们只感觉到背部的钝痛，只看得到暗淡的灰色，亦或许是黑色？与生俱来氤氲心头的五色百感渐渐蒸发殆尽。慢慢地，各种意识挣脱身体的羁绊开始旋转。



有半数的受测者报告说产生了幻视，其中一些出现在第一个小时：“有一队小人，一个德军钢盔……一个卡通式人物的鲜活而完整的场景。”在1954年那个纯真的年代，加拿大科学家们报告说：“我们的早期受测者中有几个案例，声称其进入了被一个测试者称为‘醒时梦’的状态。这种描述最初让人很是莫名其妙。后来，我们的一位研究员以受测者的身份观察到了这一现象，并意识到了其特殊性及其引申。”静躺不动到第二天后，受测者们可能会报告“现实感没了，体像变了，说话困难，尘封的往事历历在目，满脑子性欲，思维迟钝，梦境复杂，以及由忧虑和惊恐引起目眩神迷”。他们没有提及“幻觉”，因为那时词汇表里还没有这个词。

几年后，杰克·弗农 [24] 继续进行赫伯斯的实验。他在普林斯顿心理学系的地下室建造了一间“黑屋”。他招募了一些研究生；这些受试的学生们打算花四五天时间在黑暗中“好好想些事情”。最初受试的一批学生中有一位后来告诉前来听取情况的研究者：“你们打开观察窗的时候，我猜自己大概已经在那儿呆了一天了。我那时还奇怪，为什么你们过了这么久才来观察我。”然而事实是，那儿根本没有什么观察窗。

在这个与世隔绝的、寂静的棺材里呆了两天后，几乎所有的受测者都没有了正常的思维。注意力已经土崩瓦解，取而代之的是虚幻丛生的白日梦。更糟糕的是，活跃的意识陷入了一个不活跃的循环。“一位受测者想出了一个游戏，按字母表顺序，列出每种化学反应及其发现者的名字。列到字母N的时候，他一个例子也想不出来了，他试图跳过N继续下去，但N总是固执地跳入思绪，非要得到答案不可。这个过程实在令他厌烦，他打算彻底放弃这个游戏，却发现已经心魔难驱了。他忍受着这个游戏所带来的不断的追求，坚持了一小会儿之后，发现自己已经无法控制游戏了，于是按下紧急按钮，中止了测试。”



身体是意识乃至生命停泊的港湾，是阻止意识被自酿的风暴吞噬的机器。神经线路天生就有玩火自焚的倾向。如果放任不管，不让它直接连接“外部世界”，聪明的网络就会把自己的构想当作现实。意识不可能超出其所能度量或计算的范畴。没有身体，意识便只能顾及自己。出于天赐的好奇心，即便是最简单的头脑也会在面对挑战时，殚精竭虑以求一解。然而，如果意识直面的大都是自身内部的线路和逻辑问题，那它就只能终日沉迷于自己所创造出的奇思异想。

而身体，或者说任何由感觉和催化剂汇集起来的实体，通过加载需要立即处理的紧急事务，打断了神智的胡思乱想！生死悠关！能闪避吗？！心智不必再去虚构现实，现实正扑面而来，直击要害。闪避！凭借以前从未试过、若非出现现在这种紧急情况也不可能一试的原创洞察它做出了决断。

失去了感觉，心智就会陷入意淫，并产生心理失明。若非不断被来自眼耳口鼻和手指的招呼打断，心智最终会蜷入一隅自娱自乐。眼睛是最重要的感官，其本身就相当于半个大脑（塞满了神经细胞和生物芯片）。它以难以想象的丰富信息——半消化的数据、重大的决策、未来演变的暗示、隐匿的事物线索、跃跃一试的动感、无尽的美色——濡养着心智。心智经过一番细嚼慢咽，抖擞登场。若突然斩断其与眼睛的纽带，心智就会陷入混乱、晕眩，最终缩入自己的龟甲里。

看了一辈子大千世界的眼球会产生晶状体混浊，这种折磨老年人的白内障是可以手术摘除的，但重见光明之前不得不经历一段全盲的过程，比白内障带来的混浊不清还要黑暗。医生通过外科手术摘除病变恶化的晶状体，然后敷以全黑的眼罩，用以遮蔽光线，防止眼球转动，因为只要眼球在看东西就会下意识地转动。因为左右眼球是联动的，所以两眼都要戴上眼罩。为了尽可能减少眼球转动，病人须卧床静养长达一周。入夜，熙熙攘攘的医院渐渐沉寂下来，由于身体静止

不动，病人愈加体会到蒙着双目带来的无边黑暗。20世纪初，这种手术首次在临床普及时，医院里没有机器设备，没有电视广播，夜班护士很少，也没有灯光。头缠绷带躺在眼科病房里，周围是一片黑暗死寂，令人感觉跌入了无底深渊。

术后第一天的感觉黯淡无光，只是静养。第二天感觉更黑暗，头脑发木，焦躁不安。第三天则是黑暗，黑暗，黑暗，外加一片寂静，四周墙上似乎爬满了密密麻麻的红色虫子。

“术后第三天的深夜，60岁的老妇撕扯着自己的头发和被单，拼命想下床，声称有人要抓她，还说房间起火了。护士解开她未做手术的那只眼睛上的绷带后，她才慢慢平静下来，”此段文字记载于1923年一家医院的报告上。

20世纪50年代初，纽约西奈山医院的医生们抽样研究了白内障病房一连发现的21例异常病例：“有9位病人日益感到焦躁不安，他们撕下护具或是试图爬上床头的架子。有6位病人出现癔症，4位病人诉说身体不适，4位病人兴奋异常[！！]，3位病人有幻视，2位出现幻听。”

“黑盲性精神错乱”现在已成为眼科大夫巡视病房时很留意的一种症状。我认为大学也该给予足够的重视。每个哲学系都应该在一个红色的类似火灾警报的盒子里挂一副黑眼罩，上面标明：“一旦发生与意识和身体有关的争执，请打破玻璃，戴上眼罩。”

在一个充斥着虚拟事物的时代，再怎么强调身体的重要性也不过分。马克·波林和罗德尼·布鲁克斯之所以在为机器赋予了人性方面比大多数人做得更成功，正是因为他们把这些造物完全实体化了。他们坚持其设计的机器人必须完全融入现实的环境。

波林的自动机器活得时间并不太长。每次表演结束后，还能自己动弹的铁武士寥寥可数。但平心而论，别的大学研发的机器人并不比波林那些大块头们活得更长久。能“存活”过几十个小时的移动机器人屈指可数。对大多数移动机器来讲，它们是在关机状态下得以改良的。本质上，机器人专家们都是在造物处于“死亡”状态的时候来琢磨如何改进它们，这个怪异的窘境并没逃过一些学者的注意。“要知道，我想制造的是那种可以24小时开机、连续工作数周的机器人。这才是机器人的学习之道。”说这话的是玛佳·玛塔瑞克，布鲁克斯团队的一员。

我走访麻省理工学院移动机器人实验室时，成吉思已被大卸八块，躺在实验台上，旁边堆放着一些新的部件。“他在学习呢，”布鲁克斯俏皮地说。

成吉思是在学习，但不是以行之有效的方式。它不得不依赖于忙碌的布鲁克斯和他忙碌的学生们。如果能在活着时学习该多好！这是机器将要迈出的下一大步。自我学习，永不停歇。不仅仅是适应环境，更要进化自身。

进化是步步为营的。成吉思的智力与昆虫相当。它的后代有一天可能会赶上啮齿动物，总有一天，会进一步进化得像猿一样聪明伶俐。

但是，布鲁克斯提醒说，在机器进化的道路上我们还是耐心点为好。从创世纪的第一天算起，几十亿年后，植物才出现，又过了大约15亿年，鱼类才露面。再过一亿年，昆虫登上舞台。“然后一切才真正开始加快前进的步伐，”布鲁克斯说道。爬行类、恐龙、哺乳类在随后的一亿年里出现。而聪明的古猿，包括早期人类，在最近两千万年才出现。

在地质学史上，复杂性在近代有了较快的发展。这使布鲁克斯想到：“一旦具备了生命和对外界做出反应的基本条件，就可以轻而易举地演化出解决问题、创造语言、发展专业知识和进行推理等高级智能。从单细胞生物进化到昆虫历经了30亿年的时光，而从昆虫进化到人类只花了5亿年。这意味着昆虫的智力水平绝非低下。”

因而，类昆虫生命——布鲁克斯正努力解决的课题——是一个真正的难题。创造出人造昆虫，人造猿也就随之而来了。这也表明了研究快速、廉价、失控的移动机器人的第二个优势：进化需要数量巨大的种群。一只成吉思固然可以学习，但要想实现进化，则需要云集成群的成吉思。

要让机器发生进化，就需要大量成群的机器。像蚊虫一样的机器人也许是最理想的方法。布鲁克斯的终极梦想是制造出充满了既会学习（适应环境变化）又能进化（生物种群经受“无数考验”）的机器的活系统。

当初，有人提出要实行民主制的时候，许多理性的人们确实担心它甚至还不如无政府主义。他们有自己的道理。同样，给自治的、进化的机器以民主，也会引发人们对新无政府主义的担忧。这样的担心也不无道理。

有一次，自治机器生命的鼓吹者克里斯·朗顿问马克·波林：“要是有一天机器拥有了无比的智慧和超高的效率，人类将在何处容身？我的意思是，我们是要机器呢，还是要自己？”

我希望本书的字里行间都能回响着波林的回答：“我认为人类将不断积聚人工和机械的能力，同时，机器也将不断积累生物的智慧。这将使人与机器的对抗不再像今天那么明显、那么关乎伦理。”

对抗甚至可能转变成一种共生协作：会思考的机器、硅晶中的病毒、与电视机热线连接的人、由基因工程定制的生命，整个世界网结成人类与机器共生的心智。如果一切都能实现的话，我们将拥有协助人类生活和创造的精巧机器，而人类也将协助机器生存和创造。

以下这封信刊发于1984年美国《电气和电子工程师学会会刊》（*IEEE Spectrum*）：

2034年6月1日

亲爱的布里斯先生：

我很高兴地支持你考虑由人类来承担专业工作的想法。你知道，人类历来都是不错的备选者。直到今天我们仍有很多强烈推荐他们的理由。

正如他们的名称所示，人类是有人性的。他们可以向客户传递真诚关爱的感觉，有利于建立更好且更有效率的客户关系。

人类每个个体都是独一无二的。很多情况下，观点的多样性是有益的，而由个体的人类所组成的团队，在提供这种多样性上是无与伦比的。

人类具有直觉，这使他们即使在不明原由时也能做出决定。

人类善于变通。因为我们的客户常常提出变化很大的、不可预知的要求，变通能力非常关键。

总之，人类有很多有利条件。他们虽然不是万能药，但对某些重要且具挑战性的专业难题来说却是对症良药。仔细考虑一下人类吧。

您忠实的  
雷德里克·海斯－罗特

达尔文革命最重大的社会后果是，人类不情愿地承认自己是猿猴某个偶然的后代分支，既不完美也未经过设计改良。而未来新生物文明最重大的社会后果则是，人类不情愿地承认自己碰巧成了机器的祖先，而作为机器的我们本身也会得到设计改良。

上述观点可以更进一步地概述为：自然进化强调我们是猿类；而人工进化则强调我们是有心智的机器。

我相信人类绝不仅仅是猿和机器的结合生物（我们有很多得天独厚的优势！），我也相信我们比自己想象的还要接近猿和机器。这为人类所具备的那种无法量测却明晰可辨的差异留下了发展空间。这种差异激发出了伟大的文学、艺术，以及我们的整个生命。我欣赏并沉浸于这种感性认识中。但是在机械的进化过程中，在支撑生命系统的复杂而可知的相互连接中，在产生机器人可靠行为的可复现进程中，我所遭遇的是在简单生命、机器、复杂系统和我们之间存在的大一统。这种大一统所能激发出的灵感，不逊于我们曾有过的任何激情。

机器现在还是不讨人喜欢的东西，因为我们没有为其注入生命的精髓。但是我们将被迫重新打造它们，使之在某天成为众口称道的东西。

作为人类，当我们知道自己是这颗蓝色地球上枝繁叶茂的生命之树上的一根枝条时，我们就找到了精神的家园。也许将来某一天，当我们知道自己是层积在绿色生命之上的复杂机器中的一根纽带时，我们将进入精神的天堂。自旧的生命系统中诞生出新生命的庞大网络，人类则成为其中一个华丽的节点——也许我们还会为此高唱赞美诗哩！

当波林的机器怪兽嚼食同类的时候，我看到的不是毫无价值的破坏，而是狮子在围捕斑马以维护野生动物的进化旅程。当布鲁克斯那6足的成吉思机器虫伸出铁爪子，搜寻可以抓握的地方时，我看到的不是

是从机械的重复劳动中解脱出来的工人，而是一个欢天喜地蠕动着的新生婴儿。我们与机器终将成为同类。当某天机器人开口反驳我们时，谁不会心生敬畏呢？

---

[1] 马克·波林（Mark Pauline）：美国表演艺术家，1978年创立“生存研究实验室”。

[2] 汪达尔人（Vandals）：古代日耳曼人部落的一支，曾洗劫了罗马，使罗马古文物遭到严重破坏，“汪达尔主义”也成了肆意破坏和亵渎圣物的代名词。

[3] 受控无政府状态（controlled anarchy）：指通过设定一套规则，让绝大多数人们认同并遵守这套规则，恰当地约束自己的行为，而不需要一个中央管理机构的治理模式。现在普遍认为维基百科即采用这种模式。

[4] 远程视在（tele-presence）：是虚拟现实的一种。当进行远程协同研究或教学时，能在浏览器上以电视质量现场显示一台科学仪器或设备，并能对它进行遥控操作，好像这台仪器就在你跟前一样。

[5] 可求之物（Obtainium）：这是凯文·凯利造的一个词。这里译为“可求之物”，是从Unobtainium来的：Unobtainium是一种近于调侃的说法，中文意思接近于“可遇不可求之物”。

[6] 步进电机：是一种将电脉冲转化为角位移的执行器。通俗地讲，当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（即步进角）。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；也可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速目的。

[7] 马文·明斯基（Marvin Minsky，1927～）：美国麻省理工学院教授，人工智能专家，1969年获图灵奖，是第一位获此殊荣的人工智能学者。

[8] 道格拉斯·英格巴特（Douglas C.Engelbart，1925.01.30～）：美国发明家，瑞典人和挪威人后裔。他最广为人知的发明是鼠标。另外他的小组是人机交互的先锋，开发了超文本系统、网络计算机，以及图形用户界面。他致力于倡导运用计算机和网络来协同解决世界上日益增长的紧急而又复杂的问题。

[9] 罗比机器人（Robbie the Robot）：最早出现于1956年的科幻电影《惑星历险》（Forbidden Planet）中，随后成为科幻作品中的机器人原型代表。

[10] 野地机器人学（Field Robotics）：是研究利用移动机器人在野外工作站或自然地理环境下执行独特任务，同时保障自己安全的学科。

[11] 罗德尼·布鲁克斯（Rodney A.Brooks）：美国著名机器人专家，人工智能研究先驱。麻省理工学院计算机科学与人工智能实验室主任，同时也是著名的类人机器人小组的创建者。

[12] 喷气推进实验室：Jet Propulsion Laboratory

[13] 火星环境勘测：Mars Environment Survey

[14] 本书写于1994年，事实上，1997年，一个叫作Sojourner的仅重10.6千克的机器人火星探测器的确在那次行动中被带上了火星。

[15] 丹尼尔·丹尼特（Daniel Dennett，1942～）毕业于哈佛大学，后获牛津大学哲学博士。1971年开始任教于塔夫斯（Tufts）大学，创立认知科学研究中心并任主任一职。

[16] 威廉·詹姆斯（William James，1842～1910）：美国本土第一位哲学家和心理学家，也是教育学家，实用主义哲学的倡导人，美国机能主义心理学派创始人之一，也是美国最早的实验心理学家之一。

[17] 《心智社会》（The Society of Mind）：马文·明斯基于1988年出版的哲学人文著作。其理论是：人类心智活动和任何自然进化出的感知系统是由无数“碌碌众生”式的代理（agent）所完成的单独简单进程组合成的大社会。从脑部高度关联的互动机制中，涌现出各种心智现象。

[18] 大数定律：在随机事件的大量重复中所呈现出的一种必然规律。通俗地说，在条件不变的前提下，重复试验多次，随机事件出现的频率近似于它的概率。比如，我们向上抛一枚硬币，硬币落下后哪一面朝上本来是偶然的，但当我们上抛硬币的次数足够多后（上万次甚至几十万、几百万次以后），硬币每一面向上的次数就会约占总次数的二分之一。

[19] 布赖恩·山内（Brian Yamauchi）：美军坦克自动化研究、开发及工程中心资助的第二阶段小企业开发新技术推动计划的首席机器人专家。该研究项目旨在发展高速遥控小型无人地面车辆。

[20] 凯斯·汉森（Keith Hensen，1942～）：美国电气工程师和作家。著有《长生术》、《人体冷冻法》、《谜因学》和《进化心理学》。

[21] 海因茨·冯·福尔斯特（Heinz von Foerster，1911.1.13～2002.10.02）：奥地利裔美国科学家，集物理学和哲学之大成。与沃伦·麦克洛克、诺伯特·维纳、约翰·冯·诺依曼、劳伦斯·福格尔等人一起创立了控制论。

[22] 黑盲性精神错乱：black patch psychosis

[23] 赫伯斯（Donald Olding Hebb，1904.07.22～1985.08.20）：在神经心理学方面很有影响力的加拿大心理学家。他致力于了解神经元功能在心理过程中——如学习过程中——所起的作用，被尊为神经心理学与神经网络学之父。

[24] 杰克·弗农（Jack Vernon）：生在田纳西州，长在弗吉尼亚州，是二战期间的飞行员。获美国弗吉尼亚大学博士学位。1966年，他移居美国俄勒冈州开始进行耳鸣临床研究，不久即在俄勒冈保健科学大学建立了美国第一个耳鸣诊所。



## 第四章 组装复杂性

### 4.1 生物——机器的未来

灰暗的秋色降临，我站在美国最后一片开着野花的大草原<sup>[1]</sup>中间。微风拂来，黄褐色的草沙沙作响。我闭上眼睛向耶稣——那重生复活的上帝——祈祷。接着，我弯下腰，划着火柴，点燃这片最后的草原。草原燃起熊熊烈火。

“今日原上草，明日炉中烧。”那复活者说。火借风势噼啪作响，燃起8英尺高的火墙，如一匹脱缰野马；此时，那一段福音浮现在我的脑海中。丛丛枯萎的野草发出的热量令人敬畏。我站在那里，用绑在扫帚把上的橡皮垫拍打火苗，试图控制火墙的边界，阻止它向淡黄色的田野蔓延。我想起了另一节福音：“新的到来，旧的逝去。”

在草原燃烧的同时，我想到了机器。逝去的是旧的机器之道，到来的是重生的机器之本性，一种比逝去的更有活力的本性。

我来到这片被火烧焦的草地，因为这片开着野花的草原以自己的方式展现了人造物的另一个侧面，正如我马上要解释的那样。这片烧焦的土地以事实说明，生命正在变为人造的，一如人造的正在变得有生命，它们都在成为某种精彩而奇特的东西。

机器的未来就在脚下这片杂乱的草地里。这片曾经野花盛开的草原被机器按部就班地翻犁过，什么都没留下，除了我脚下的这一小片

草地。然而，具有极大讽刺意味的是，这片小草地掌握着机器的命运——因为机器的未来是生物。

带我来到这片草场火海的人，是三十多岁、做事极其认真的史蒂夫·帕克德 [2]。当我们在这片小草原上漫步时，他抚弄着少许干杂草——他非常熟悉它们的拉丁名字。大约20年前，帕克德陷入一个无法自拔的梦想。他幻想某个郊区的垃圾场重新绽放出花朵，还原为缤纷草原的原始颜色，成为烦扰不断的世人寻求心灵平和的生命绿洲。就像他喜欢对支持者说的那样，他幻想得到一个“带来生活品质改善”的草原礼物。1974年，帕克德开始实施自己的梦想。在持怀疑态度的环保组织的些许帮助下，他开始在离芝加哥市中心不太远的地方重建一个真正的草原。

帕克德知道，生态学教父奥尔多·利奥波德 [3] 在1934年曾经成功地重建了一块勉勉强强的草原。利奥波德所在的威斯康星大学买了一个名为柯蒂斯旧农场，打算在那里建立一个植物园。利奥波德说服学校让柯蒂斯农场重新还原成草原。废弃的农场将最后一次接受翻犁，然后被撒上行将绝迹的、几乎叫不上名字的草原种子，随后就听之任之了。

这个简陋的实验并非在逆转时钟，而是在逆转文明。

在利奥波德这天真的行动之前，文明迈出的每一步都走上对自然进行控制和阻隔的又一个阶梯。修建房屋是为了将大自然的极端温度挡在门外；侍弄园圃是为了将自然生长的植物转变为驯服的农作物；开采铁矿则是为了砍伐树木以获取木材。

这种前进的步伐很少有过停歇。偶尔，某个封建领主为了自己的狩猎游戏会保留一片野生树林不被毁掉。在这块庇护地，猎场看守人可能会种植一些野生谷物为他主人的狩猎吸引动物。但是，在利奥波德的荒唐举动之前，没有人刻意地去“种植”野生状态。事实上，即使

在利奥波德审视柯蒂斯项目的时候，他也不认为能有人“种植”野生状态。作为一个自然学家，他认为必须由大自然来主掌这片土地，而他的工作就是保护自然的一切举动。在同事以及大萧条时期由国家资源保护队雇用的一群农民小伙子的帮助下，利奥波德在头5年时间里，用一桶桶水和偶尔进行的间苗，养护了300英亩 [4] 新兴的草原植物。

草原植物生长茂盛，非草原杂草同样生长茂盛。这片草场无论覆盖上了什么，都不是草原曾经有过的模样。树苗、欧亚舶来种以及农场杂草，都与草原植物一起旺盛地生长。在最后一次耕耘又过了10年后，利奥波德终于明了，新生的柯蒂斯草原只不过是个荒原混血儿。更糟糕的是，它正在慢慢变成一个杂草丛生的场地。这里缺失了什么。

也许有一个关键的物种缺失了。一旦这个物种被重新引进，它就有可能恢复整个植物生态圈的秩序。20世纪40年代中期，人们找到并确认了这个物种。它是个机敏的动物，曾经遍布高草草原，四处游荡，影响着所有在草原安家的植物、昆虫和鸟类。这个缺失的成员就是——火。

火使草原有效地运转。它使那些需要浴火重生的种子得以发芽 [5]，将那些入侵的树苗一笔抹去，让那些经不起考验的“城里人”望而却步。火在高草草原生态中所承担的重要职能被重新发现，这也正契合了对火在北美其他几乎所有生态圈内所承担的职责的重新发现。说是重新发现，因为原住民中的土地学家早已认识和利用了火对大自然的影响。欧洲移民曾详细记录了火在白人统治前的草原上无处不在、肆意横行的情况。

尽管对我们来说火的功能已经了然，但当时生态学家还不清楚火是草原的重要组成部分；自然资源保护论者，也就是我们现在所说的环保人士，就更不理解了。具有讽刺意味的是，奥尔多·利奥波德，这

位最伟大的美国生态学家，竟然强烈反对让野火在荒地里燃烧。他于1920年写道：“放火烧荒不仅无益于预防严重的火灾，而且最终会摧毁为西方工业提供木材的森林。”他列举出放火不好的五个原因，没有一个是根据的。利奥波德严厉斥责“烧荒宣传员”，他写道，“可以确定地说：如果烧荒再持续50年的话，我们现存的森林区域将进一步大幅度缩小。”

10年后，当大自然的相互依赖性被进一步揭示之后，利奥波德终于承认了天然火的重要本质。当他重新在威斯康星这块人造草地引入火种之后，草原迎来了几个世纪以来最茂盛的生长期。曾经稀少的物种开始遍布草原。

然而，即使经过了50年的火与太阳及冬雪的洗礼，今天的柯蒂斯草原仍然不能完全体现其物种的多样性。尤其是在边缘地带——通常这里都是生态多样性最集中体现的地方，草原几乎成了杂草的天下，这些杂草同样肆虐在其他被人遗忘的角落。

威斯康星的实验证明，人们可以大致地拼凑出一个草原的近似物。但是，到底要怎样才能再现一个各方面都真实、纯洁、完美的草原呢？人类能从头开始培育出真正的草原吗？有办法制造出自维持的野生状态吗？

## 4.2 用火和软体种子恢复草原

1991年秋天，我和史蒂夫·帕克德站在他的宝地——他称之为“阁楼中发现的伦勃朗”——芝加哥郊外的树林边。这是我们将要放火焚烧的草原。散生的橡树下生长着几百英亩的草，沙沙作响、随风倾倒的草扫拂着我们的脚面。我们徜徉在一片比利奥波德看见的更富饶、更完美、更真实的草地上。融入这片褐色植物海洋的是成百上千种不寻

常的物种。“北美草原的主体是草，”帕克德在风中大声喊道，“而大多数人注意到的是广告中的花朵。”我去的时候，花已经凋谢，样貌平平的草和树似乎显得有些乏味。而这种“无趣”恰恰是重现整个生态系统的关键所在。

为了这一刻，帕克德早在20世纪80年代初，就在伊利诺伊州繁茂的丛林中找到了几块开满鲜花的小空地。他在地里播上草原野花的种子，并将空地周边的灌木清除掉，扩大空地的面积。为了阻止非原生杂草的生长，他把草点燃。起初，他希望火能自然地做好清理工作。他想让火从草地蔓入灌木丛，烧掉那些林下灌木。然后，由于林木缺乏油脂，火就会自然地熄灭。帕克德告诉我，“我们让火尽可能远地冲进灌木丛。我们的口号是，‘让火来做决定’。”

然而，灌木丛没有按他希望的那样燃烧。于是，帕克德和他的工作人员就动手用斧子清除那些灌木。在两年的时间内，他们获得了令人满意的结果。野生黑麦草和金花菊茂密地覆盖了这片新领地。每个季节，这些重建者都要亲自动手砍伐灌木，并播种他们所能找到的、精挑细选的北美草原花种。

可是，到了第三年，显然又有什么不对劲的地方。树荫下的植物长得很不好，不能为季节性的烧荒提供良好的燃料。而生长旺盛的草又都不是北美草原的物种，而是帕克德以前从没见过。渐渐地，重新种植的区域又还原为灌木丛。

帕克德开始怀疑，任何人，包括他自己，是否能走出几十年来焚烧一块空地，却一无所获的困境。他认为一定还有另一个因素被忽略了，以至于无法形成一个完整的生物系统。他开始读当地的植物历史，研究那些古怪的物种。

他发现，那些在橡树地边缘的空地上繁茂生长的不知名物种并不属于北美草原，而是属于稀树大草原生态系统 [\[6\]](#)——一个生长有树

木的草原。研究了那些与稀树大草原有关的植物之后，帕克德很快意识到，在他的重建地边缘还点缀着其他的伴生物种，如蒲公英、霜龙胆和金钱草。甚至还在几年前，他就发现了怒放的星形花朵。他曾经把开着花的植物带给大学的专家看，因为星形花植物多种多样，非专业人士是分辨不出来的。“这是什么鬼东西？”他问植物学家，“书中找不到，（伊利诺伊）州物种目录中也没列出来。这是什么？”植物学家说：“我不知道。这可能是稀树大草原的星形花植物，可是这里并没有稀树大草原，那么，它就不可能是那种植物。不知道是什么。”人们对他们不想要的东西总是视而不见。帕克德甚至告诉自己那不同寻常的野花一定是偶然出现的，或被认错了。他回忆说：“稀树大草原物种不是我最初想要的，因此曾想把它们除掉来着。”

然而，他不断地看到它们。他在地里发现的星形花植物越来越多。帕克德渐渐明白了，这古怪的物种是这些空地上的主要物种。其他与稀树大草原相关的许多物种，他还没有认出来。于是，他开始到处搜寻样本——在古老公墓的角落里，沿着铁路的路基，以及旧时的马车道——任何可能有早期生态系统零星幸存者的地方，只要可能，就收集它们的种子。

帕克德看着堆在车库里的种子，有了一种顿悟。混成一堆的北美草原种子是干燥的、绒毛似的草籽。而逐渐多起来的稀树大草原的种子则是“一把把色彩斑斓、凹凸不平、粘糊糊的软胶质”，成熟后的种子包有果肉。这些种子不是靠风而是靠动物和鸟类传播。那个他一直试图恢复的东西——共同进化系统，连锁的有机体系——不是单纯的北美大草原，而是有树的大草原：稀树大草原。

中西部的拓荒者称有树的草原为“荒野”。杂草丛生的灌木丛，和长在稀少树木下的高草，既不是草地也不是森林，因此对早期定居者来说那是荒野。几乎完全不同的物种使得这里保持着与北美大草原截然不同的生物群系。这块稀树大草原的荒野特别依赖火，其程度远超

过北美大草原。而当农民们来到这里，停止了烧荒，这块荒野就迅速沦为树林。本世纪初，这种荒野几乎消失，而有关这里的物种构成也几乎没有记录。但是一旦帕克德脑子里形成了稀树大草原的“搜索图像”，他就开始在各处看到它存在的证据。

帕克德播种了成堆的稀树大草原古怪的粘糊糊种子。两年之内，这块地就由稀有的被遗忘了的野花点缀得绚丽多彩：问荆、蓝茎秋麒麟、星花蝇子草、大叶紫菀。1988年的干旱使那些原本非土生土长的杂草枯萎了，而重新得以安家落户的“土著居民”却依然茁壮成长。1989年，一对来自东方的蓝色知更鸟（在这个县已经几十年未见到了）在它们熟悉的栖息地安了家——帕克德将这件事看作是“认证”。大学的植物学家们回了电话，州里似乎有关于稀树大草原多种花色鲜明植物的早期记录。生物学家将其列入濒临灭绝的物种清单。长有椭圆叶的乳草植物在这块重建的荒野恢复生长了，而在州里其他任何地方都找不到它们的影子。稀有而濒临灭绝的植物，如白蝴蝶兰花和浅色连理草也突然自己冒了出来。可能它们的种子一直处在休眠中——在火和其他因素之间找到了合适的萌芽条件——或者由鸟类，如来访的蓝色知更鸟，带了过来。伊利诺伊州各地整整10年未见过的银蓝色蝴蝶，奇迹般地出现在芝加哥郊区，因为，在那新兴的稀树大草原上生长着它最喜爱的食物，连理草。

“啊，”内行的昆虫学家说，“爱德华兹细纹蝶是典型的稀树草原蝴蝶，但是我们从没见过。你肯定这是稀树草原吗？”到了重建后的第5年，爱德华兹细纹蝶已经在这个地区满天飞舞了。

“你盖好了，他们就会来。”这是电影《梦幻之地》<sup>[7]</sup>中的经典台词。这是真的。你付出的努力越多，得到的越多。经济学家称其为“报酬递增法则”，或滚雪球效应。随着相互联系的网络编织得越来越紧密，再加织一片就更容易了。



## 4.3 通往稳定生态系统的随机路线

不过，其中仍有机巧。随着事情的进展，帕卡德注意到物种加入的次序很有关系。他获悉其他生态学家发现了同样的情况。利奥波德的一位同事发现，通过在杂草丛生的土地，而不是像利奥波德那样在新开垦的土地上播种北美草原的种子，能够获得更接近真实的北美草原。利奥波德曾经担心争强好胜的杂草会扼杀野花，但是，杂草丛生的土地比耕种过的土地更像北美大草原。在杂草丛生的陈年地块上，有一些杂草是后来者，而它们中有些又是大草原的成员。它们的提早到来能加速向草原系统的转变。而在耕耘过的土地上，迅速抽芽的杂草极具侵略性，那些有益的“后来者们”加入这个集体的时间过晚。这好比在盖房子时先灌注了水泥地基，然后钢筋才到。因此，次序非常重要。

田纳西州立大学生态学家斯图亚特·皮姆 [8] 将各种次序——如经典的刀耕火种——与自然界上演了无数次的次序作了比较。“从进化的意义上来说，参与游戏的选手们知道先后的顺序是什么。”进化不仅发展了群落的机能，而且还对群落的形成过程进行了细调，直到群落最终能够成为一个整体。还原生态系统群落则是逆向而行。“当我们试图还原一块草原或一块湿地的时候，我们是在沿着该群落未曾实践过的道路前行，”皮姆说。我们的起点是一个旧农场，而大自然的起点则可能是一个万年前的冰原。皮姆自问道：我们能通过随机加入物种，组合出一个稳定的生态系统吗？要知道，人类还原生态系统的方式恰恰带有很强的随机性。

在田纳西州立大学的实验室里，生态学家皮姆和吉姆·德雷克 [9] 一直在以不同的随机次序组合微生态系统的元素，以揭示次序的重要性。他们的微观世界是个缩影。他们从15至40种不同的单一水藻植株和微生物入手，依次把这些物种以不同的组合形式及先后次序放入一



个大烧瓶。10到15天之后，如果一切进展顺利，这个水生物的混合体就会形成稳定的、自繁殖的泥地生态——一种很特别的、各物种相互依存的混合体。另外，德雷克还在水族箱里和流水中分别建立了人工生态。将它们混在一起后，让其自然运行，直到稳定下来。“你看看这些群落，普通人也能看出它们的不同，”皮姆评论道，“有些是绿色的，有些是棕色的，有些是白色的。有趣的是没办法预先知道某种特定的物种组合会如何发展。如同大多数的复杂系统一样，必须先把它建立起来，在运行中才能发现其秘密。”

起初，人们也不是很清楚是否会容易地得到一个稳定的系统。皮姆曾以为，随机生成的生态系统可能会“永无休止地徘徊，由一种状态转为另一种状态，再转回头来，永远都不会到达一个恒定状态”。然而，人造生态系统并没有徘徊。相反，令人惊讶的是，皮姆发现了“各种奇妙的现象。比如说，这些随机的生态系统绝对没有稳定方面的麻烦。它们最共同的特征就是它们都能达到某种恒定状态，而且通常每个系统都有其独有的恒定状态”。

如果你不介意获得的系统是什么样子，那么要获得一个稳定的生态系统是很容易的。这很令人吃惊。皮姆说：“我们从混沌理论中得知，许多确定系统都对初始条件极其敏感——一个小小的不同就会造成它的混乱。而这种生态系统的稳定性与混沌理论相对立。从完全的随机性入手，你会看到这些东西聚合成某种更有条理性的东西，远非按常理所能解释的。这就是反混沌。”

为了补充他们在试管内的研究，皮姆还设立了计算机模拟试验——在计算机里构建简化的生态模型。他用代码编写了需要其他特定物种的存在才能生存下来的人造“物种”，并设定了弱肉强食的链条：如果物种B的数量达到一定密度，就能灭绝物种A。（皮姆的随机生态模型与斯图亚特·考夫曼 [\[10\]](#) 的随机遗传网络系统相似。见第二十章）每个物种都在一个巨大的分布式网络中与其他物种有松散的关联。对

同一物种列表的成千上万种随机组合进行了运行后，皮姆得到了系统能够稳定下来的频度。所谓稳定，即指在小扰动下，如引入或移除个别物种，不会破坏整体的稳定性。皮姆的结果与其瓶装微观生物世界的结果是相呼应的。

按皮姆的说法，计算机模型显示：“当混合体中有10至20种成分时，其峰值（或者说稳定点）可能有十几到上百个。假如你重演一遍生命的进程，会达到不同的峰值。”换句话说，投放了同样的一些物种后，初始的无序状态会朝向十几个终点。而改变哪怕是一个物种的投入顺序，都足以使系统由一个结果变成另一个。系统对初始条件是敏感的，但通常都会转为有序状态。

皮姆把帕卡德还原伊利诺伊大草原（或者应该说是稀树大草原）的工作看成是对他的发现的佐证：“帕卡德第一次试图组合那个群落的时候失败了，从某种意义上说，是由于他得不到所需的物种，而在清除不想要的物种时又遇到很多麻烦。一旦引进了那些古怪却合适的物种，离恒定状态就相当接近了，所以它能容易地达到那个状态，并可能一直保持下去。”

皮姆和德雷克发现了一个原则，它对任何关注环境以及对创建复杂系统感兴趣的人都是重要的经验。“要想得到一块湿地，不能只是灌入大量的水就指望万事大吉了。”皮姆告诉我，“你所面对的是一个已经历经了千万年的系统。仅仅开列一份丰富多样的物种清单也是不够的。你还必须有组合指南。”

## 4.4 如何同时做好一切

史蒂夫·帕克德的初衷是想延续真正的北美草原栖息地。在此过程中，他复活了一个已经消逝了的生态系统，也许还得到了一个稀树大

草原的合成指南。30年前，戴维·温盖特<sup>[11]</sup>在百慕大群岛的一片海洋（而不是如海的草地）中看护一种珍稀岸禽，以使其免于灭绝。在此过程中，他再现了一个亚热带岛屿的完整生态环境，进一步阐明了组合大型机能系统的原理。

百慕大的故事说的是一个岛屿受到病态的、无规划的人工生态系统的蹂躏。第二次世界大战结束时，住房开发商、外来害虫彻底侵占了百慕大群岛，当地植物被进口花园物种所毁灭。1951年，在该群岛外岛的悬崖上发现了百慕大圆尾鹫——一种海鸥大小的海鸟——这一通告令当地居民和全球科学界极为震惊，因为人们认为百慕大圆尾鹫已经灭绝几个世纪了。人们最后看到它们是在渡渡鸟灭绝前后的17世纪。出于一个小小的奇迹，几对圆尾鹫一连几代都在百慕大群岛远处海崖上孵卵。它们大部分时间生活在水上，只有在构建地下巢穴时才上岸，因此4个世纪都没人注意到它们。

戴维·温盖特在中学时代就对鸟类充满狂热的兴趣。1951年，百慕大一位自然学家成功地将第一只圆尾鹫从裂隙深处的鸟巢取出时，他就现场。后来，盖温特参与了尝试在百慕大附近名为楠萨奇的无人居住的小岛重新安置圆尾鹫的行动。他如此倾心于这个工作，以至于新婚的他搬到了这个无人居住、没有电话的外岛上的一处废弃的建筑里。

温盖特很快就明白了，如果不还原这里的整个生态系统，就不可能恢复圆尾鹫的兴旺。楠萨奇和百慕大原本覆盖着茂密的香柏树林，但是在1948至1952年仅仅三年的时间里，香柏就被引入的害虫彻底毁掉了，只剩下巨大的白色树干。取而代之的是许多外来植物。温盖特认为主岛上那些高大的观赏树肯定逃不过五十年一遇的飓风。

温盖特面对着所有整体系统制造者都会面临的难题：从何入手？事事都要求其他的条件万事俱备，但你又不可能一下子把整个东西拎

起来舞弄。有些事必须先做，而且要按正确的顺序去做。

通过对圆尾鹱的研究，温盖特断定，它们的地下筑巢地点已经因无计划的城市扩张而减少了，之后，又有热带白尾鸟前来抢夺仅存的合适地点。好斗的热带鸟将圆尾鹱的幼鸟啄死，再占用其鸟巢。严峻的形势需要采取严厉的措施。因此，温盖特为圆尾鹱制定了“政府安居计划”。他制作了人工巢穴——一种地下鸟窝。假如楠萨奇森林能够恢复的话，那些树木就会在飓风的作用下微微倾斜，根部拔起而形成大小合适的缝隙。热带鸟太大进不去，但对圆尾鹱来说就太完美了。但是，温盖特等不及这一天了，因而，他制作了人工鸟巢，作为解开这个谜题的第一步。

由于需要森林，他种植了8000棵香柏，希望其中能有一些抵抗得住枯萎病。有些香柏确实顶住了病害的侵袭，但是又被风扼杀了。于是，温盖特又种了一种辅助物种——生长迅速、非本地生的常青植物木麻黄——作为环岛防风林。木麻黄迅速长大，使香柏得以慢慢生长，几年过后，更适应环境的香柏取代了木麻黄。补种的森林为一种已经几百年未在百慕大出现过的夜鹭创造了完美的家，而夜鹭吞食陆地蟹。如果没有夜鹭，这些陆地蟹就成了岛上的有害物种。数目爆长的陆地蟹一直享用着湿地植物汁多味美的嫩芽。如今蟹的数量减少，让稀少的百慕大莎草有了生长的机会，近几年里，它也有了结籽的机会。这就好像“少了钉子，丢了王国。”<sup>[12]</sup>的寓言故事。反过来说：找到钉子，王国获胜。温盖特一步一步地重组了失去了的生态系统。

生态系统和其他功能系统犹如帝国，毁掉容易，建起来难。大自然需要发展森林或湿地的时间，因为就连大自然也不能同时做好一切。温盖特所给予的那种帮助并没有违反自然规律。大自然一般都是利用临时的脚手架来完成自己的许多成就的。人工智能专家丹尼·希利斯<sup>[13]</sup>在人类的大拇指身上看到了类似的故事。借助拇指的抓握，灵巧的手使人类的智能更进一步，具备了制造工具的能力。但是一旦智

能建立，手就没那么重要了。希利斯宣称，建立一个巨大的系统确实需要许多阶段，一旦系统动作起来，这些阶段就变得可有可无了。“锤炼和进化智能所需的辅助手段远比简单地停留在某个智能水平上要多得多。”希利斯写道，“人们在确信与其他四指相对的拇指在智能发展中的必要性的同时，也毫不怀疑现在的人类可以脱离开拇指进行思考。”

当我们躺在隐于高山山梁的草甸上，或涉入潮沼肮脏的水中，就遭遇了大自然的“无拇指思想”。将样板草场更新为花的世界所需要的中间物种此刻都消失了。留给我们的只有“花的念想”，而缺失了看护它们成型的“拇指”。

## 4.5 艰巨的“拼蛋壳”<sup>[14]</sup> 任务

你可能听说过一个感人的故事——《植树人种出了幸福》，它讲的是如何从荒芜中创造出一片森林和幸福的故事。这是一位1910年徒步去阿尔卑斯山深处旅行的欧洲年轻人讲的故事：

这位年轻人信步来到一个多风无树的荒芜山区。那里仅剩的居民是一些吝啬、贫穷、牢骚满腹的烧炭人，挤在一两个破败的村庄里。年轻人在这个地方见到的唯一一个真正快乐的居民是一个孤独的牧羊隐士。年轻人惊奇地看着这位隐士整天默默无语，白痴似的把橡子一粒粒戳进月球表面似的荒山。沉默的隐士每天种100粒橡子。年轻人迫不急待地离开了这块荒凉的土地。许多年后，第一次世界大战爆发，年轻人竟又意外地回到了这里。这次，他发现当年的那座村庄已经郁郁葱葱，几乎认不出来了。山上生长着茂盛的树木和植物，流淌着溪水，到处是野生的鸟兽，还有一批心满意足的新村民。那位隐士在30年的时间里种了90平方英里茂密的橡树、山

毛榉和桦树。他在大自然面前看似孤立无援、蚍蜉撼树的举动已经重塑了当地的气候，为成百上千的人们带来了希望。

可惜这个故事是杜撰的。尽管人们把它当作真实的故事在世界各地传扬，实际上它只是一位法国人为时尚杂志编写的奇幻故事。不过，也确实有一些理想主义者通过种植上千棵树木而重建森林的故事。他们的成果证实了法国人的直觉：大面积生长的植物能促进当地生态系统进入良性循环。

有个真实的例子：20世纪60年代初期，英国奇女子温迪·坎贝尔-普尔蒂旅行到北非，通过在沙漠中栽种树木来抵御沙丘的入侵。她在摩洛哥提兹尼特省的45英亩沙地上种植了2000棵树，形成一道“绿色的墙”。在6年的时间里，这些树功勋卓越。温迪又设立了基金，为在阿尔及利亚布萨达的260亩沙漠荒原上再种植13万株树木提供资金。这项工作也取得了成果，形成了一小块适合柑橘、蔬菜和谷物生长的新田地。

哪怕只给予一个小小的立足点，那些相互关联的绿色植物内所隐藏的巨大潜能都会触发收益递增的法则：“拥有者得到更多。”生物促进环境发展，也促进更多生物的成长。在温盖特的岛上，鹭的出现使莎草能够重现。在帕克德的北美大草原，以火来清除障碍使野花得以生存，从而使蝴蝶得以生存。在阿尔及利亚的布萨达，一些树木改变了气候和土壤，从而使那里适合更多树木的生长。更多的树木为动物、昆虫和鸟儿创造了生存地，从而为更多的树木准备好了栖息地。从一些橡子开始，大自然就像一部机器，为人类、动物和植物建造豪华的家园。

楠萨奇和其他森林收益递增的故事，以及来自斯图亚特·皮姆微观世界的报告，都印证了一个重要的经验，皮姆称之为“拼蛋壳效应”。我们能把失去的生态系统重新组合起来吗？是的，只要所有的碎

片都还存在，我们就能将其还原。只是，不知道我们能否还能得到所有的碎片。也许陪伴生态系统早期发展的某些物种——正如助推智能发展的拇指——在附近已不复存在了。或者，在一场真正的灾难中，重要的辅助物种在全球灭绝了。完全有这样一种可能，曾经有一种假想的、到处生长的小草，对于北美大草原的形成具有至关重要的作用，但却在最后的冰河时期被一扫而空。随着它的逝去，蛋壳就不可能再还原了。“记住，两点之间并非总有一条路径可走，”皮姆说。

帕克德曾经有过这个令人沮丧的想法：“大草原永远不能完全复原的一个原因是有些成分永远消失了。也许没有大型食草动物，如古时候的乳齿象乃至过去的野牛，大草原是不会回来的。”皮姆和德雷克的工作还得出更可怕的结论：“不仅要有合适的物种按恰当的顺序出现，而且还要有合适的物种在恰当的时间消失。一个成熟的生态系统也许能轻易地容忍 X 物种，但是在其组合过程中，X 物种的出现会把该系统转到其他路径上，将其引向不同的生态系统。”帕克德叹息道：“这就是创造一个生态系统往往要经过数百万年的原因。”如今，扎根在楠萨奇岛或驻扎在芝加哥郊区的哪个物种能将重现的稀树大草原生态系统推离原来的目的地呢？

由此说到机器，有一个违反直觉却很明确的规则：复杂的机器必定是逐步地，而且往往是间接地完善的。别指望通过一次华丽的组装就能完成整个工作正常的机械系统。你必须首先制作一个可运行的系统，再以此为平台研制你真正想完成的系统。要想形成机械思维，你需要制作一只机械“拇指”——这是很少有人欣赏的迂回前进的方式。在组装复杂机械过程中，收益递增是通过多次不断的尝试才获得的——也即人们常说的“成长”过程。

生态系统和有机体一直都在成长，今天的计算机网络和复杂的硅芯片也在成长。即使我们拥有现存电话系统的所有关键技术，但如果



缺少了从许多小型网络向一个全球网络成长的过程，我们也不可能组装出一个与现有电话系统一样巨大且可靠的替代品。

制造极其复杂的机器，如未来时代的机器人或软件程序，就像还原大草原或热带岛屿一样，需要时间的推移才能完成，这是确保它们能够完全正常运转的唯一途径。没有完全发展成熟或没有完全适应外界多样性就投入使用的机械系统，必然会遭到众口一致的诟病。用不了多久，再听到“时机成熟，再把我们的硬件投放市场”时就不会觉着可笑了。

---

[1] 北美大草原 (prairie)：分布于北美大陆中部和西部的辽阔的大草原，也称为温带草原，以禾本科植物为主。随着降雨量的由西向东增加和草茎的高低，而又区别为高、中、低几种类型的草原，东部气候半湿润，草木繁茂，种类丰富，并常出现岛状森林或灌丛，称为高草草原；西部内陆靠近荒漠一侧，雨量减少，气候变干，草群低矮稀疏，种类组成简单，并常混生一些旱生小半灌木或肉质植物，称为矮草草原。中间为过渡混生草原。

[2] 史蒂夫·帕克德 (Steve Packard)：主持伊利诺斯州自然保护协会的科学和管理工作，唤起了世界对芝加哥地区残存的稀树大草原的关注，建立了自愿者网络，成为《纽约时报》科学作家威廉·史蒂文斯的新书《橡树下的奇迹》所关注的焦点。

[3] 奥尔多·利奥波德 (Aldo Leopold, 1887~1948)：美国伦理学家、环境保护主义理论家。著有自然随笔和哲学论文集《沙乡年鉴》。在这本书中，利奥波德从哲学的意义上提出了“土地道德”的概念，把人们对自然的态度与人的道德联系在一起，并指出，在人类历史上，征服者最终都将祸及自身。

[4] 1英亩≈4047平方米

[5] 浴火重生的种子：某些硬壳类植物种子，非火烧去外壳不能发芽。比如澳洲桉树的种子有厚厚的木质外壳，借助大火把它的木质外壳烤裂，便于生根发芽。因此桉树林就像凤凰，大火过后不仅能获得新生，而且会长得更好。

[6] 热带或亚热带稀树大草原 (savanna)：是指干湿季对比非常明显的热带地区。主要见于东非、南美巴西高原和印度等地。以高达一米以上的旱生禾草为主要成分所组成的草被层占优势，在这种草被层的背景上散生着一些旱生矮乔木。以禾草的生产力高以及植被稀疏开旷等为其特点。savanna土著原意即为“树木很少而草很高”。

[7] 《梦幻之地》 (Field of Dreams)：是凯文·科斯特纳最出色的代表作之一。这是一部带有神秘色彩的文艺片，描写中年人不甘心于平凡而内心渴望追求梦想的那股力量，对于美国婴儿潮一代的集体心理有深刻动人的刻画。主人翁是青少年时期与父亲失和而无法完成梦想的农场主人雷，有一天他听到神秘声音说：“你盖好了，他们就会来。”于是他像着了魔一



样铲平了自己的玉米田，建造了一座棒球场，没想到他的棒球偶像真的来到那里打球，而且还因此使他跟父亲之间的多年心结得以开解。

[8] 斯图亚特·皮姆（Stuart Pimm）：1971年获英国牛津大学文学学士，1974年获新墨西哥州立大学哲学博士。皮姆具有保护濒危物种的经验，对热带雨林的消失及其后果颇有研究。

[9] 吉姆·德雷克（Jim Drake）：宇航工程师，发明家，帆板运动创始人之一。

[10] 斯图亚特·考夫曼（Stuart Kauffman，1939～）：美国圣塔菲研究所（Santa Fe Institute）科学家，理论生物学家。

[11] 戴维·温盖特（David Wingate，1935～）鸟类学家、博物学家、自然资源保护论者，大英帝国勋章获得者。再现了百慕大生态环境，拯救了珍稀鸟类圆尾鹱。

[12] 少了钉子，丢了王国：这个寓言故事讲的是一个国王去打仗，所骑的战马少了一个马掌钉，结果在战斗中战马跌倒，输掉了战争，也丢掉了王国。

[13] 丹尼·希利斯（Danny Hillis，1956.09～）：美国发明家、创业家和作家。他与其他人联合创立了“思考机器公司”（Thinking Machine Corporation），该公司研发了并行超级计算机“连接机”（Connection Machine）。

[14] 拼蛋壳：有个英语童谣，大意是，一个叫Humpty Dumpty的矮胖子，不小心从墙头摔下来，像鸡蛋一样跌得粉碎。国王的骑士们谁都无法把他拼好。

## 第五章 共同进化

### 5.1 放在镜子上的变色龙是什么颜色的？

20世纪70年代初期，斯图尔特·布兰德 [1] 向格雷戈里·贝特森 [2] 提出了上述谜题。贝特森与诺伯特·维纳同为现代控制论的奠基人。贝特森接受的是最正统的牛津教育，从事的却是最异端的职业。他在印尼拍摄巴厘舞影片；他研究海豚；他还提出了实用的精神分裂症理论。60多岁时，贝特森在加利福尼亚大学圣巴巴拉分校任教。在那里，他那些有关心理健康和进化规律的观点既离经叛道又才气横溢，深深吸引了具有整体观念且崇尚非主流文化的人群。

斯图尔特·布兰德是贝特森的学生，也是倡导控制整体论（cybernetic holism）的传奇人物。1974年，布兰德在他的《全球概览》杂志中提出了这一变色龙公案。布兰德这样写道：“一次，我与格雷戈里·贝特森进行讨论，当时，两人都沉湎于思考意识的功能是什么，或者意识到底有没有功能（指自我意识）。我向他提出了这个问题。我们都是生物学家，便将话题转而讨论这让人难以捉摸的变色龙。格雷戈里断言，变色龙最终将停留在它变色范围的中间点；我则坚信，这个可怜的家伙因为想方设法要从自身影像的世界中隐身，会将种种保护色试个没完。”

镜子可以构成一个信息回路的绝妙实现。普普通通的两面镜子相对放置会产生奇趣屋 [3] 效应，不停地将一个物象来回映射，直至消失于无穷回溯中。相向而放的镜子间的任何信息，无论如何来回反射

都不会改变其形式。那么，如果其中一面镜子具备了变色龙似的反应功能，既能反射又能产生影像将会如何呢？这种试图将自己与自身镜像保持一致的行为会不断搅乱自身的镜像。它有可能最终定格于某种持续时间足够长、可以准确描述的稳定状态么？

贝特森觉得这个系统——可能与自我意识类似——会快速进入一种由变色龙在各种颜色的极值间变化时而达成的平衡态。互相冲突的颜色（或者人类心智所组成的社会中相互冲突的观点）会向“中间色调”折衷，仿佛那是一次民主表决。而布兰德则认为任何类型的平衡都近乎没有可能，而且自适应系统将既无定向也无终点地摇摆不定。他猜想（变色龙的）颜色变化会陷入一种如同太极阴阳的混沌状态中。

变色龙对自身影像变化的反应恰似人类世界对时尚变化的反应。从整体看来，时尚不正是蜂群思维对自身映像的反应么？

在一个紧密相连的21世纪社会中，市场营销就是那面镜子，而全体消费者就是变色龙。你将消费者放入市场的时候，他该是什么颜色？他是否会沉降到某个最小公分母——成为一个平均消费者？或者总是为试图追赶自己循环反射的镜像而处于疯狂振荡的摇摆状态？

变色龙之谜的深奥令贝特森沉醉，他继续向自己的其他学生提出此疑问。其中一名学生杰拉尔德·霍尔提出了第三种假说来解释这位镜中人的最终颜色：“变色龙会保持进入镜子反射区域那一瞬间的任何颜色。”

在我看来，这是最符合逻辑的答案。镜子与变色龙之间的相互作用或许是如此密切、迅捷，几乎没有发生适应调节的可能。事实上，一旦变色龙出现在镜子前，它可能丝毫也改变不了自己的颜色，除非由于外部诱因导致其变色或者其自身的变色程序出错。否则，镜子与变色龙组成的系统将凝固于其初始状态——无论那是什么颜色。

对于市场营销这样一个镜像世界来说，这第三个答案就意味着消费者的冻结。他要么只买其最初所用的品牌，要么什么也不买。

当然还可能有其他的答案。在为写这本书进行采访的时候，我不时向被访者提出变色龙之谜。科学家们将它看作是自适应反馈的典型案例。他们的答案林林总总。下面举几个例子：

数学家约翰·霍兰德 [4]：变色龙会像万花筒一样千变万化！由于存在时间的滞后，它的颜色会闪烁不停。变色龙永远不可能停在某种固定的颜色上。

计算机科学家马文·明斯基：变色龙可能会有若干特征值或者特征色，因此会回归到若干颜色上。假如你把它放进去的时候它是绿色，它可能一直是绿色；假如是红色，它就可能一直是红色；而如果你是在它呈棕色时放进去，它有可能会变成绿色。

自然主义者彼得·沃肖尔：变色龙出于某种恐惧反应才改变颜色，因此这一切都取决于其情绪状态。一开始它也许被自己的镜像吓坏，但随后就处之泰然了；颜色则会随着它的情绪而变化。

把变色龙放在镜子上似乎是个很简单的实验，所以我想，即使是作家也可以完成这个实验。于是我着手实验。我做了一个小箱子，里面装上镜子，买了一条会变颜色的蜥蜴放进去。虽然布兰德的谜题已流传了20年之久，但据我所知，这还是第一次有人尝试真正动手试验。

趴在镜子上的蜥蜴稳定在一种颜色——绿色，是春树发新叶的那种嫩绿。每次把它放进去时都回归到这个颜色。但在回到绿色之前，它也许在一段时间内会保持棕色。它在镜箱里休憩时用的颜色看来与它在箱外时喜欢保持的深棕色不同。

尽管我完成了这个实验，但我对实验的结果却信心不足，这主要由于如下一些重要的原因：我用的不是真正的变色龙，而是一条变色蜥蜴，它可以改变的颜色种类比真正的变色龙少多了。（真正的变色龙一条要花好几百美元，还要配一个专门的玻璃容器来饲养，我可不想买。）更为重要的是，根据我所读过的为数不多的相关文献资料得知，除了根据背景颜色而相应改变颜色外，变色蜥蜴变色还有别的原因。如同沃肖尔所说，它们为了应对恐惧也变色。它们确实相当恐惧。变色蜥蜴不愿进入镜箱。在箱里显示出的绿色与它害怕时采用的颜色一样。镜子上的变色龙也可能仅仅会处于持续的恐惧状态——它本身的陌生感被放大并充斥着其所在的周身环境。假如我在镜箱里，肯定也会抓狂。最后是观察者的问题：我只有把脸贴近镜箱，将蓝眼睛和红鼻子深入变色蜥蜴的地盘，才能看到蜥蜴。这种行为骚扰了蜥蜴，却又无法避免。

可能要等到将来使用真正的变色龙，并进行更多的对比实验，才能真正破解这个谜题。但我仍心存疑虑。真正的变色龙与变色蜥蜴一样，是身体硕大的动物，有着不只一个改变颜色的理由。镜子上的变色龙之谜恐怕最好仅作为思想实验来保持其理想化的形式。

即便从理论角度来考虑，“真正的”答案也取决于下述具体因素：比如变色龙颜色细胞的反应时间，其对色调改变的敏感性以及是否有其他影响信号的因素。所有这些都是反馈回路中常见的重要数值。如果有人能够改变变色龙身上的这些参数，就可以一一演示前文所述镜子上的变色龙变色的种种可能。其实，工程师们正是这样设计控制电路以引导宇宙飞船或控制机器人手臂的。通过调整滞后的长短、信号的敏感度、以及衰减率等参数，他们可以调整一个系统使之达到一个广域的平衡态（比如将温度保持在华氏68至70度之间），或不断的变化，或某个介于两者之间的动态平衡点。

我们看到，这种情况也发生在网络化的市场活动中。毛衣生产商试图通过文化镜像来激发消费者此消彼长的购买欲望，以销售多种款式的毛衣；而洗碗机制造商则力图将消费者行为的反馈聚集在几个公约数上，即仅推出几款洗碗机，因为较之花样繁多的毛衣款式，推出多种洗碗机的成本要高得多。反馈信号的数量和速度决定了市场的类型。

镜子上变色龙之谜的重要之处在于，蜥蜴与镜子形成了一个整体。“蜥蜴属性”和“镜子属性”融合为一种更复杂的属性——“蜥镜属性”，其行为方式与单一变色龙或单一镜子的行为方式都有所不同。

中世纪的生活是极端抹杀个性的。普通人对自己的形像只有模糊的概念。他们对独立人格和社会身份的认知是通过参与宗教仪式和遵循传统而达成的，而非通过行为反射。与此相反，当今世界是一个充满了镜像的世界。我们有无处不在的电视摄像机、每天都在进行的民意调查（如“63%的美国人离过婚”），它们将我们集体行为的每一个细枝末节都反映给我们。持续不断的纸面记录——帐单、评分、工资单、商品目录——帮助我们建立了个人的身份标识。不远的将来，普及的数字化必将为我们提供更清晰、更快捷、更无所不在的镜子。每个消费者都将成为反射镜像与反射体，既是因，也是果。

希腊哲学家痴迷于链式的因果关系，研究如何沿因果链条溯本追源，直至找到最初原因。这种反向倒推的路径是西方逻辑的基础，即线性逻辑。而蜥蜴-镜子系统展示的是一种完全不同的逻辑——一种网状的因果循环。在递归反射领域，事件并非由存在链所触发，而是由一系列业因如奇趣屋般地反射、弯曲、彼此互映所致。与其说业因和控制是从其源头按直线发散，倒不如说它是水平扩展，如同涌动的潮水，曲折、弥散地释放着影响力。浅水喧闹，深潭无波；仿佛万物彼此间的关联颠覆了时空的概念。

计算机科学家丹尼·希利斯指出，计算，特别是网络计算，呈现了一种非线性的因果关系域。他写道：

在物质世界中，一件事对另一件事的影响随两者之间的时间或空间距离的增大而衰减。因此，我们在研究木星卫星的运行轨道时不去考虑水星的影响。这是物体和作用力这一对相互依存的概念所遵循的基本原则。作用力的局限性体现在光速是有限的，体现在场的平方反比定律之中 [5]，还体现在宏观统计效应上，如反应速度和音速等。

在计算领域中，或至少在计算领域的旧有模式中，一个随意的微小事件有可能、也往往会造成任意的重大影响。比如，一段小程序可以抹去所有的内存；一条简单的指令可以使主机停止运行。在计算科学中没有类似于距离这样的概念。没有哪个存储单元比别的存储单元更不易受影响。

自然生态系统中的控制轨迹也呈发散状溶入因果关系的界域。控制不仅分散到空间中，还随着时间而逐渐模糊。当变色龙爬到镜子上面的时候，诱使其变色的业因便溶入到一个因果自循环的界域中。事物的推演不像箭那样直线行进，而是像风一样四散开来。

## 5.2 生命之无法理喻之处

斯图尔特·伯兰德在斯坦福大学主修生物学，导师是人口生物学家保罗·埃尔利希 [6]。埃尔利希也执迷于难解的镜子上的变色龙之谜。而他是从蝴蝶与其宿主植物之间的关系中清楚地看到了这一谜题的影子。那些狂热的蝴蝶收藏家们很早就知道，制作完美标本的最好方法就是将毛毛虫和它要吃的植物一起装入盒子等它化茧。变身之后，蝴



蝶会破茧而出，展现出完美无缺的翅膀。这时迅速将它杀死，就能制成完美的标本。

这个办法要求蝴蝶收藏家们懂得蝴蝶要吃什么植物。为了得到完美的标本，他们可谓不遗余力。其结果是积累了大量有关植物/蝴蝶群落的文献资料。简而言之，大多数蝴蝶幼虫只吃一种特定的植物。举个例子，黑脉金斑蝶的幼虫就专吃马利筋，而马利筋似乎也只欢迎黑脉金斑蝶前来就餐 [7]。

埃尔利希注意到，从这个意义上说，蝴蝶的映像投入了植物，而植物的映像也投入了蝴蝶。为了防止蝴蝶幼虫完全吞噬自己的茎叶，马利筋步步设防，迫使黑脉金斑蝶“改变颜色”——想法子绕过植物的防线。这种相互投映仿佛两条贴着肚皮跳舞的变色龙。马利筋如此投入地进行自我保护，以抗拒黑脉金斑蝶的侵袭，结果反而变得与蝴蝶难舍难分。反之亦然。任何长期敌对的关系似乎都包容这样的相互依存。1952年，关注机器如何学习的控制论专家罗斯·艾希比 [8] 写道：“[生物的基因模式] 并没有具体规定小猫如何抓老鼠，但是提供了学习机制和游戏的旨趣，因此是老鼠将捕鼠的要领教给了小猫。”

1958年，穆德 [9] 在《进化》杂志上发表了一篇论文，题为《专性寄生生物与其宿主共同进化的数学模型》。埃尔利希在这个标题中发现了一个可以用来形容这种贴身双人舞的词——共同进化（coevolution）。与大多数生物学发现一样，共同进化这个概念并不新鲜。神奇的达尔文在其1859年的杰作《物种起源》中便曾提到过：“生物体彼此之间的共同适应……”

约翰·汤普森 [10] 在《互相影响和共同进化》一书中对“共同进化”做了一个正式定义：“共同进化是互相影响的物种间交互的进化演变。”实际上共同进化更像一曲探戈。马利筋与黑脉金斑蝶肩并肩结成了一个单系统，互相影响共同进化。共同进化之路上的每一步都使这



两个对手缠绕得更加密不可分，直到一方完全依赖于另一方的对抗，从而合二为一。生物化学家詹姆斯·洛夫洛克 [11] 就这种相拥状况写道：“物种的进化与其所处环境的演变密不可分。这两个进程紧密结合，成为不可分割的单一进程。”

布兰德采用了这个术语，并创办了名为《共同进化季刊》的杂志，用于发表包罗万象的宏论——阐述相互适应、相互创造、同时编织成为整体系统的生物学、社会学和科技等。作为发刊词，布兰德撰写了共同进化的定义：“进化就是不断适应环境以满足自身的需求。共同进化，是更全面的进化观点，就是不断适应环境以满足彼此的需求。”

共同进化之“共同”是指向未来的路标。尽管有人抱怨人际关系的地位在持续降低，现代人在生活中互相依赖的程度却日益增长，超过了以往任何时候。目前，所有政治都意指全球政治，而全球政治则意味着“共同”政治；在通讯网络基础上建立起的在线社区则是“共同”世界。马歇尔·麦克卢汉 [12] 并非完全正确。我们共同打造的不是一个舒适的地球村；我们共同编织的是一个熙熙攘攘的全球化蜂群——一个最具社会性的“共同”世界，一个镜状往复的“共同”世界。在这种环境下，所有的进化，包括人造物的进化，都是共同进化。任何个体只有接近自己变化中的邻居才能给自己带来变化。

自然界充斥着共同进化。每个有植物的角落都有寄生生物、共生生物在活动，时刻上演着难解难分的双人舞。生物学家普莱斯 [13] 估计，今天物种的50%都是寄生生物。（这个数字已经很陈旧了，而且应该在不断增长。）而最新的说法是：自然界半数生物都共生共存！商业咨询师们常常警告其客户，切不可陷入依赖于某个单一客户或供应商的共生处境。但是，据我所知，许多公司都是这么做的，而他们所过的有利可图的日子，平均起来也并不比其他公司少。20世纪90年代，大企业之间的结盟大潮——尤其在信息和网络产业当中——是世

界经济日益增长的共同进化的又一个侧面。与其吃掉对手或与之竞争，不如结成同盟——共生共栖。

共生关系中的各方行为不必对称或对等。事实上，生物学家发现自然界几乎所有的共栖同盟在相互依存过程中都必然有一方受惠更多，这实际上暗示了某种寄生状态。尽管一方所得就意味着另一方所失，但是从总体上来说双方都是受益者，因此契约继续生效。

布兰德在他那本名为《共同进化》的杂志里开始收集各种各样共同进化的故事。以下是一则自然界里最具说服力的结盟的实例：

墨西哥东部生长着各类金合欢属灌木和掠夺成性的蚂蚁。多数金合欢长有荆棘和苦味的叶子以及其他抵御贪婪世界伤害的防护措施。其中一种“巨刺金合欢”（即牛角相思树）学会了如何诱使一种蚂蚁为独占自己而杀死或驱赶其他的掠食者。诱饵渐渐囊括了可供蚂蚁居住的防水的漂亮巨刺、现成的蜜露泉和专为蚂蚁准备的食物——叶尖嫩苞。蚂蚁的利益渐渐与合欢的利益相融合。蚂蚁学会了在刺里安家，日夜为金合欢巡逻放哨，攻击一切贪吃金合欢的生物，甚至剪除如藤萝、树苗之类可能遮挡住金合欢妈妈的入侵植物。金合欢不再依靠苦味的叶子、尖尖的刺或是其他保护措施，如今它的生存完全依赖于这种金合欢蚂蚁的保护；而蚁群离开金合欢也活不下去。它们组合起来就天下无敌。

在进化过程中，生物的社会性与日俱增，共同进化的实例也愈来愈多。生物的社会行为越丰富，就越有可能形成互惠互利的关系。同样，我们构建的经济和物质世界越是相互影响，共同努力，我们越能见证到更多的共同进化的实例。

对于生命体而言，寄生行为本身就是一片安身立命的新天地。也正因此，我们发现寄生之上还有寄生。生态学家约翰·汤普森注意到“正如丰富的社会行为能够促进与其他物种的共生关系，某些共生关

系也促成了新型社会行为的进化。”共同进化的真正含义是，共同进化孕育了共同进化。

距今千百万年后，地球上的生命可能大都具有社会性，随处可见寄生物和共生体；而世界经济也许会是一个拥挤的联盟网络。那么，当共同进化充斥了整个地球时又会发生什么呢？这个由映射、回应、相互适应以及首尾相接循环不息的生命之链所组成的星球会做些什么呢？

蝴蝶和马利筋继续在彼此周围舞蹈着，无休无止的疯狂芭蕾使它们的形态大大改变，远远不同于它们彼此处于平静状态时可能拥有的形态。镜子上不停翻腾的变色龙陷入了远非正常的某种紊乱状态。二战之后的核军备竞赛让我们同样有种愚蠢地追赶自我倒影的感觉。共同进化将事物推往荒唐的境地。蝴蝶和马利筋，虽然从某种角度来看是竞争对手，却又不能分开独立存活。保罗·埃尔利希认为共同进化推动两个竞争对手进入“强制合作”。他写道：“除掉敌人既损害了掠食者的利益，也损害了被掠食者的利益。”这显然不合乎常理，但又显然是一股推动自然的力量。

当一个人的意识失去控制、钻入揽镜自顾的牛角尖时，或过于看重自己的敌人以至于对敌人亦步亦趋时，我们会认为这种意识有些失常。然而，智力和意识本来就有一点失常——或者说，一点失衡。从某种程度上说，即使是最简单的心智，也一定会顾影自怜。莫非任何意识都非得固守其自我吗？

在布兰德向贝特森提出镜子上的变色龙之谜题后，有关意识的失衡性成为了谈话的重点，两人转而顺着这个话题探讨了下去，最终得出了一个古怪的结论，相对于其他事物都有一个平衡点来说，意识、生命、智力以及共同进化都是失衡的、意外的，甚至是无法理喻的。我们之所以看到智力和生命的不可捉摸之处，正是因为他们维持着一

个远离平衡态的不稳定状态。较之宇宙间其他事物，智力、意识乃至生命，都处于一个稳定的非稳态。

蝴蝶和马利筋，犹如立足笔尖的铅笔，依靠共同进化的递归动态而立得笔直。蝴蝶拉扯马利筋，马利筋也拉扯蝴蝶，它们拉扯得越厉害，就越难以放手，直到整体的蝴蝶/马利筋逐渐形成一个独特的存在——一个鲜活的昆虫/植物系统便自我生成。

共生并非只能成双成对。三个一组也可融合成一个渐进的、以共同进化方式连接的共生系统。整个群落也可共同进化。实际上，任何生物，只要能适应其周边生物，就可以在某种程度上起到间接的共同进化触媒的作用。既然所有的生物都相互适应，就意味着同一生态系统内所有生物都能通过直接共生或间接相互影响的方式参与到一个共同进化的统一体里。共同进化的力量由一个生物流向它最亲密的邻居，然后以较弱一级的波状向周边扩散，直至波及所有生物。这样一来，地球家园中由亿万物种构成的松散网络就编结起来，成为不可拆分的共同进化体系，其组成部分会自发提升至某种不可捉摸的、稳定之非稳态的群集状态。

地球上的生命网络，与所有分布式存在一样，超越了作为其组成成分的生命本身。然而强悍的生命向更深处扎根，不但用它的网络将整个地球包裹起来，而且将没有生命的岩石和大气也串连进它的共同进化的怪诞行动之中。

### 5.3.在持久的摇摇欲坠状态中保持平衡

30年前，生物学家请NASA（美国国家航空和航天管理局）将两个无人操纵的探测器发射到最有可能找到地外生命的两个待选星球——火星和金星上，并用探针插入它们的土壤检测是否有生命迹象。

NASA的生命探测器是一个相当复杂、精密而且昂贵的精巧装置，一旦着陆，就能从洒落其上的尘土中找寻细菌生命的蛛丝马迹。说话温和的英国生物化学家詹姆斯·洛夫洛克是NASA聘请的顾问之一。他发现了一个能够更好检测行星生命的办法。这个办法不需要价值数百万美金的精巧玩意儿，甚至都不需要发射火箭。

洛夫洛克是现代科学研究领域罕见的奇才。他在英格兰康沃尔郡乡下一个灌木篱笆墙围绕的石头库房内从事科学研究，仿佛一位独行侠。他保持着无可挑剔的科学声望，却不隶属于任何正规的科研机构，这在动辄就需要大笔资金的科学界实属罕见。他那鲜明的独立性滋养了自由思想，也离不开自由思想。20世纪60年代早期，洛夫洛克提出了一个颠覆性的建议，让NASA探索团队的其他成员都感到不痛快。他们是真想向外星发射探测器，而他却说不必找这个麻烦。

洛夫洛克告诉他们，只需通过一架天文望远镜进行观测，他就能确定某行星是否有生命。他可以通过测量该行星大气层的光谱来确定其气体的成分。包裹着行星的大气组成就能揭秘星球是否存在过生命体。因此，用不着投掷一个昂贵的罐罐穿越太阳系去查明真相。答案他早就知道了。

1967年，洛夫洛克写了两篇论文，预言说，根据他对星球大气光谱的解读，火星上面没有生命。10年后，NASA发射了环火星轨道航天器，再10年后的数次壮观的火星软着陆 [14] 探测终于明白地告诉世人，火星确实如洛夫洛克预测的那样死气沉沉。对金星进行的类似探测带回来同样的坏消息：太阳系里除地球之外一片死寂。

洛夫洛克是怎样知道的呢？

是通过对化学反应和共同进化的研究。火星大气和土壤中的成分被太阳射线赋予能量，被火星核心加热，再被火星引力吸附，历经数百万年进入动态平衡。懂得了化学反应的一般规则，科学家就可以将

星球当作一个大烧瓶里的物质来对它们的复杂反应做计算。化学家得出火星、金星以及其他行星的近似反应方程式之后，等号两边基本持平：能量、吸入成分；能量、逸出成分。通过天文望远镜以及后来的实地采样获得的结果都符合反应方程式的预测。

地球却不同。地球大气中气体混合的路数并不循常。经洛夫洛克查明，它们的不循常，是共同进化累积形成的有趣效果。

尤其是氧气，它占地球大气的21%，造成地球大气的不稳定。氧气是高活性气体，能在我们称之为火或燃烧的激烈化学反应中与许多元素化合。从热力学角度来看，由于大气氧化了固体表面，地球大气中氧气的高含量理应快速下降才对。其他活性示踪气体 [15]，如一氧化二氮、碘甲烷也处于异常爬升的水平。氧气虽与甲烷共存，却根本不相容，更确切地说，它们太融洽了，以至于会相互引爆。令人费解的是，二氧化碳理应像在其他行星那样成为大气的主要成分，却仅仅是一种示踪气体。除大气之外，地球表面的温度及碱度也处于异乎寻常的水平。整个地球表面似乎是一个巨大、不稳定的化学怪胎。

在洛夫洛克看来，似乎有一种看不见的能量，一只看不见的手，将互动的化学反应推至某个高点，似乎随时都会回落至平衡状态。火星和金星上的化学反应犹如元素周期表那般稳定，那般死气沉沉。以化学元素表来衡量，地球的化学性质是不正常的，完全失去了平衡，却充满活力。由此，洛夫洛克得出结论，任何有生命的星球，都会展现奇特的不稳定的化学性质。有益生命的大气层不一定富含氧气，但应该突破规范的平衡。

那只看不见的手就是共同进化的生命。

共同进化中的生命拥有非凡的生成稳定的非稳态的能力，将地球大气的化学循环推至一个洛夫洛克所称的“持久的非均衡态”。大气中的氧含量应该随时都会下降，但数百万年来它就是不降下来。既然绝



大多数的微生物生命都需要高浓度的氧，既然微生物化石都已存在亿万年了，那么，这种奇特的不和谐的和谐状态算得上是相当持久而稳定的了。

地球大气寻求稳定的氧含量，与恒温器寻求稳定的温度非常相似。它碰巧使得氧气的平均浓度为20%，按一位科学家的说法“纯属偶然”。低于这个水平是贫氧，高于这个水平就易燃。多伦多大学的乔治·R·威廉斯这样写道：“20%左右的氧含量似乎能够保证某种平衡，在洋流近乎完全换气的同时，又不会招致毒性物质或可燃性有机物的聚集而产生更大危害。”那么，地球的传感器和温控机制在哪儿呢？那个加热用的炉子又在哪儿呢？

无生命星球通过地质轮回来达到平衡。气体，如二氧化碳，溶入液体并经沉淀析出固体。溶入定量的气体之后达到自然饱和。固体在火山活动中经加热或加压，会将气体释放回大气层。沉降、风化、隆起——所有巨大的地质力量——也如强大的化学作用那样，打断或形成物质的化学键。热力学的熵变将所有化学反应拉到它们的最低能量值 [16]。火炉的比喻不管用了。无生命星球上的平衡不太像恒温控制下的平衡，它更像碗里的水，处在等高的水平；当不能降得更低时就干脆处在同一个水平上。

而地球则是一个恒温器。相互纠缠共同进化的生命提供了一个自主循环的回路，引导地球的化学物质趋向上升的势能。大概要等地球上所有的生命都寂灭之后，地球的大气才会回降至持久的平衡态，变得像火星和金星那样单调乏味。但是，只要生命的分布式之手仍占主导地位，它就能保持地球的化学物质脱离四平八稳的状态。

但失衡本身却是自主平衡的。共同进化的生命产生的持久失衡，自有其稳定之道。洛夫洛克一直致力于寻找这种持久失衡，想以此作为生命存在的快速测试。据我们所知，地球大气中20%左右的氧含量

已保持了亿万年之久。大气层像一个高空悬索上摇摇摆摆的杂技演员，而且几百万年来一直保持着那个欲跌还休的姿势。她永不坠落，也永远摆脱不了坠落的趋势，始终处于摇摇欲坠的状态。

洛夫洛克认为这持久的摇摇欲坠状态是生命的显著特征。近来复杂性理论的研究人士也已意识到，任何活系统：经济体、自然生态系统、复杂的计算机模拟系统、免疫系统，以及共同进化系统，都具有摇摇欲坠的显著特征。当它们保持着埃舍尔式 [17] 的平衡态——处在总在下行却永远未曾降低过的状态时，都具有那种似是而非的最佳特性——在塌落中平衡。

戴维·雷泽尔 [18] 在他的科普性书籍《宇宙发生说》中辩称：“生命的核心价值不在于它繁殖的不变性，而在于它繁殖的不稳定性。”生命的密钥在于略微失调地繁衍，而不是中规中矩地繁衍。这种几近坠落乃至混沌的运行状态确保了生命的增殖。

少有人注意到活系统的核心特点是，这种似是而非的特质是具传染性的。活系统将它们的不稳定姿态传染给它们接触到的任何事物，而且无所不及。地球上，生命横冲直撞，把势力扩张到固体、液体和气体之中。就我们所知，没有哪块从未被生命触摸过的岩石。微小的海洋微生物将溶入海水的碳和氧固化，生产出一种散布在海床的盐。这些沉积物最终被沉淀性的重量压成岩石。微小的植物性微生物将碳从空气中吸入土壤乃至深入海底，在水下化为石油。生命生产出甲烷、氨气、氧气、氢气、二氧化碳以及其他气体。铁，还有金属，聚集来细菌造出金属矿团。（铁作为非生命的典型代表，竟然产生生命！）通过严格的观察，地质学家得出结论：所有露出地表的岩石（或许火山岩除外）都是再循环的沉淀物，因此，所有的岩石都具生物成因的实质，也就是说，在某些方面受生命影响。共同进化生命的无情推拉，最终将宇宙中的非生命物质带入它的游戏之中。它甚至将顽石也变成映射其婆婆娑影的明镜之一角。



## 5.4.岩石乃节奏缓慢的生命

俄罗斯地质学家弗拉基米尔·沃尔纳德斯基 [19] 第一个明确提出了具有划时代意义的观点——生命直接塑造了地球的肉身。他将地球上亿万生命体加以总结，并思考它们对地球的物质资源产生的群体影响。1926年，他出了一本书，把这个宏大的资源系统称为“生物圈”（其实爱德华·苏斯 [20] 在几年前也曾创造了这个术语），书中着手对生物圈进行了量化评估。这本名为《生物圈》的著作直到最近才被译成英语。

沃尔纳德斯基将生命明确地比作石头镜子上的变色龙，这个说法得罪了两方人。他把活体生物所处的生物圈看作巨型的化工厂，激怒了生物学家。在他看来，植物和动物在矿物质环绕世界的流动中充当着临时化学容器的作用。“活体生物不过是岩石的一个特类……既古老又永恒年轻的岩石，”沃尔纳德斯基写道。活体生物是存储这些矿物的精美而脆弱的贝壳。有一次他谈到动物的迁移和运动时说：“动物存在的意义，就是为了帮助风和浪来搅拌发酵中的生物圈。”

与此同时，沃尔纳德斯基将岩石看作半生命，又引起了地质学家的强烈不满。他说，由于每块石头都是从生命中起源，它们与生命机体之间的不断互动表明岩石是生命中移动最慢的一部分。山脉、海洋里的水以及天空中的气体，都是节奏非常缓慢的生命。地质学家们当然要阻止这种明显的密契主义 [21] 观点。

两种奇思怪论组合成一个美丽且对称的体系。生命是不断更新的矿物质，矿物质是节奏缓慢的生命。它们构成了一枚硬币的正反两面。等式的两端并不能精确地开解；它们同属一个系统：蜥蜴/镜子、植物/昆虫、岩石/生命，以及当代的人类/机器系统。有机体即是环境，而环境也即是有机体。

这个古老且神圣的观念在边缘科学领域起码存在有几百年了。19世纪的许多进化论生物学家，如赫胥黎 [22]、赫伯特·斯宾塞 [23]，当然还有达尔文，对此都有直觉上的认识——物理环境塑造了生物，生物也塑造了其所处的环境。如果从长远看，环境就是生物，而生物就是环境。早期的理论生物学家阿尔弗雷德·洛特卡 [24] 于1925年写道：“进化的不只是生物或物种，而是物种加环境的整个系统。两者是不可分割的。”进化的生命和星球构成了一个共同进化的整体系统，一如变色龙的镜上舞。

沃尔纳德斯基认为，假如生命从地球上消失，不但地球本身沉沦至一种“化学稳定”的平衡状态，而且那些沉积的粘土层、石灰岩的洞穴、矿山中的矿石、白垩的峭壁，以及我们视为地球景观的特有构造也将随之消退。“生命并非地表上偶然发生的外部演化。相反，它与地壳构造有着密切的关联，”沃尔纳德斯基于1929年写道，“没有生命，地球的脸面就会失去表情，变得像月球般木然。”

30年后，自由思想家詹姆斯·洛夫洛克通过天文望远镜对其他星球进行分析，也得出同样的结论。“生物体简直无法‘适应’一个仅由物理和化学支配的死气沉沉的世界。它们生存的世界由其先祖们的气息和骨骼构成，而今由它们继续维持着。”洛夫洛克有关早期地球的知识较之沃尔纳德斯基更为全面，对气体和物质在地球上的环流模式的理解也略高一筹。所有这些，都令他得出一个十分严肃的结论：“我们呼吸的空气，以及海洋和岩石，所有这一切要么是生命机体的直接产物，要么是由于他们的存在而被极大改变了的结果。”

法国自然哲学家让·巴蒂斯特·拉马克 [25] 早在1800年就已预言了这一非凡的结论，当时他所拥有的行星动力学方面的信息甚至比沃尔纳德斯基还要少。作为生物学家，拉马克与达尔文旗鼓相当。他，而非达尔文，才是进化论真正的发现人。拉马克之所以没有获得应得的赞誉而沦落为失败者，部分原因是他太过依赖直觉而不是现代科学所

推崇的详细例证。拉马克凭直觉推演生物圈，而且具有先见之明。但因为当时没有一丝一毫的科学根据的支持，拉马克的言论并不具有影响力。1802年，他写道：“以单体聚合、矿体、岩层等形式出现的所有构成地壳的复合矿物质，以及由此形成的低地、丘陵、峡谷和山脉，都是在地球表面生存过的动植物的独一无二的产物。”

拉马克、沃尔纳德斯基还有洛夫洛克之流大胆的主张乍看起来似乎荒谬可笑，但是在横向因果关系下却颇有道理：我们周围目所能及的一切——白雪皑皑的喜马拉雅山，从东到西的深海，逶迤起伏的群山，色调阴森的荒漠峡谷，充满乐趣的溪谷——与蜂窝一样都是生命的产物。

洛夫洛克不停地向镜中窥探，发现它几乎是个无底深渊。其后几年，随着对生物圈的仔细观察，他将更多的复杂现象列入了生命产物表。举几个例子：海洋浮游生物释放出一种气体（二甲基硫），经氧化后产生亚微观的硫酸盐气雾，形成云中水滴凝聚的凝结核。如此说来，甚至云层雨水也是由生物的活动产生的。夏天的雷暴雨也许是生命自身幻化为雨。某些研究暗示，大多数雪晶的核也许是腐朽的植物、细菌或菌类孢子；因此，也许雪大都是由生命触发的。能逃脱生命印记的只是极少数。“也许我们这个星球的内核并不受生命的影响，但我不认为这种假设是合理的，”洛夫洛克如是说。

“生命是最具威力的地质力量，”沃尔纳德斯基断言，“而且这力量与时俱进。”生命越多，它的物质力量就越大。人类将生命进一步强化。我们利用化石能源，将生命植入机器。我们的整个制造业基础设施——好比我们自己身体的扩展——成为更广泛的、全球规模的生命的一部分。我们的工业产生的二氧化碳进入大气，改变全球大气的成分，我们的人造机械领域也成为地球生命的一部分。乔纳森·韦纳 [26] 当年写《下一个一百年》时就能肯定地说：“工业革命是惊心动魄的地质

学事件。”如果岩石是节奏缓慢的生命，那么我们的机器就是相对快一点的节奏缓慢的生命。

将地球比作母亲是一种古老且亲切的说法，但将地球比作机械装置却令人难以接受。沃尔纳德斯基的看法非常接近洛夫洛克的感悟，即地球的生物圈显现了一个超越化学平衡的规则。沃尔纳德斯基注意到“生物体呈现出一种自我管理的特性”，生物圈似乎也是自我管理的，但他没有进一步深入下去，因为一个关键概念——纯机械过程的自我管理——当时尚未出现。一台纯粹的机器怎么能自我控制呢？

我们现在知道了，自我控制和自我管理并非生命所独有的神奇活力要素，因为我们已经创造出了能够自我控制和自我管理的机器。其实，控制和意图是纯粹的逻辑过程，它们可以产生于任何足够复杂的介质中，包括铁制的齿轮和操作杆，乃至更为复杂的化学路径中。如果恒温器和蒸汽机都能够具有自我调控能力的话，那么一个星球可以进化出如此优雅的反饋回路也不是那么怪异的想法了。

洛夫洛克将工程师的敏感带入对地球母亲的分析。他做过修补匠、发明家、专利持有人，还给无论何时都是最大的工程技术公司NASA打过工。1972年，洛夫洛克提出了地球的自治表征的假说。他写道：“地球上的所有生命体集合，从巨鲸到细菌，从橡树到海藻，可以看成是一个单体生命，它能够熟练地操控地球大气层以满足自己的全部需要，而其所具备的能力和能量也远超过其组成部分。”洛夫洛克把这个观点称为盖亚 [27]，并于1972年与微生物学家林恩·玛格丽丝 [28] 一起公布了这个观点，以接受科学评判。洛夫洛克说，“盖亚理论要比共同进化论更强化些，”至少在生物学家使用这个词的时候。

一对在互相攀比、不断升级的军备竞赛中共同进化的生物似乎只能滑向失控的深渊；而一对卿卿我我、眼中只有对方的共生体又似乎只能陷入停滞不前的唯我主义。但洛夫洛克却认为，假如有一张大网

遍布着共同进化的动因，它网罗所有生物使其无可逃遁，生物创造自身存活所需的基质，而基质又创造存活其中的生物，这个共同进化的网络就会向周围扩展，直到成为一个自给自足、自我控制的闭环回路。埃尔利希所提出的共同进化论中的“强制合作”——无论互为敌人抑或互为伴侣，不仅仅能从各方培育出自发的内聚力，并且这种内聚力也会有效地调和自身的极端值以寻求自身的生存。全球范围内的生物在共同进化的环境中所映射出的休戚与共的关系，就是洛夫洛克所指的盖亚。

许多生物学家（包括保罗·埃尔利希）都不喜欢盖亚理念，因为洛夫洛克并未获得他们的准许就扩大生命的定义。他单方面将生命的范畴扩大，使之具有一个占优势地位的机械器官。简而言之，这个固体行星成了我们所知道的“最大的生命形式”。这是一头怪兽：99.9%的岩石，大量的水，一点空气，再裹以薄薄一层环绕其周身的绿膜。

但是，假如将地球缩成细菌大小，放在高倍显微镜下观察，它能比病毒更奇怪吗？盖亚就在那里，一个强光映照下的蓝色球体，吸收着能量，调节着内部状态，挡避着各种扰动，并日趋繁复，准备好一有机会便去改造另一个星球。

后来，洛夫洛克不再坚持早期的主张，即强调盖亚是一个有机体或表现得像一个有机体，但他保留意见说盖亚确实是一个具有生命特征的系统。它是一个活系统。无论是否具备有机体所需的所有属性，它都是一个鲜活的系统。

尽管盖亚是由许多纯粹的机械回路所组成的，但这不应成为阻止我们为它贴上生命标签的理由。毕竟，细胞在很大程度上可以看作是化学循环；海洋中的某些硅藻也只不过是毫无生气的钙晶；树木则是硬化的浆汁。但它们全都仍然是有生命的有机体。

盖亚是一个有边界的整体。作为一个生命系统，它那些无生气的机械构件也是其生命的一部分。洛夫洛克说：“在地球表面任何地方，生命物质和非生命物质之间都没明确的区分。从岩石和大气所形成的物质环境到活细胞，只不过是生命强度的不同层级而已。”在盖亚的边界上——或是在稀薄的大气顶层，或是在炽热的地球核心——生命的影响会消退。但是，没有人能说清这条边界到底在哪里，如果它有的话。

## 5.5.不讲交情或无远见的合作

对于多数怀疑论者来说，盖亚的麻烦在于将一个非活物的星球看作是一部“聪明的”机器。我们曾试图将毫无生气的计算机设计成人工学习机器，却遭受了挫折。因此，在行星尺度内展开头绪纷乱的人工学习，其前景似乎挺荒谬。

但实际上我们高估了学习，把它当成一件难事，这与我们的沙文主义情节——把学习当成是人类特有的能力——不无关系。在本书中，我想要表述一种强烈的看法，即进化本身就是一种学习。因此，凡有进化（哪怕是人工进化）的地方就会有学习。

将学习行为拉下神坛，是我们正在跨越的最激动人心的知识前沿之一。在一个虚拟的回旋加速器里，学习正被撞裂成为基本粒子。科学家们正在为适应、归纳、智能、进化、共同进化等事物的基本成分编目造册，使之成为一个生命的元素周期表。学习所需的各种粒子藏身于所有迟钝的介质当中，等待着被组装（并往往自行组装）成奔涌灵动的事物。

共同进化就是多种形式的学习。斯图尔特·布兰德在《共同进化季刊》中写道：“没错，生态系统是一个完整系统，而共同进化则是一个



时间意义上的完整系统。它在常态下是向前推进的、系统化的自我教育，并从不断改正错误中汲取营养。如果说生态系统是在维持的话，那么共同进化则是在学习。”

生物的共同进化行为也许可以用一个更好的术语来描述——共同学习，或者共同传授也行，因为共同进化的各方在相互学习的同时也在相互传授。（我们没有恰当的字眼来表述同时施教与受教，但假如做到了教学相长，我们的学校教育将会得到改善。）

一个共同进化关系中的施与受——同时施教与受教——使许多科学家想到了玩游戏。简单的儿童游戏如“哪只手里有钢镚儿”具有“镜子上的变色龙”般的递归逻辑。藏钢镚儿的人进入这样一个无止境的过程：“我刚才把钢镚儿藏在右手里，那么现在猜的人会认为它在我的左手，因此，我要把它移到右手。但她也知道我知道她会怎么想，于是，我还是把它留在左手里。”

由于猜测者的思考过程也是如此，双方就构成了一个相互预测对方意图的游戏。“哪只手里有钢镚儿”的谜题和“镜子上的变色龙是什么颜色”的谜题相关联。从这类简单的规则衍生出的无限复杂性令约翰·冯·诺依曼非常感兴趣。在20世纪40年代早期，这位数学家就研发出用于计算机的可编程逻辑，并同维纳和贝特森一起开辟了控制论的新领域。

冯·诺依曼 [29] 发明了与游戏有关的数学理论。他将游戏定义为一场利益冲突，游戏各方都试图预测其他方的举动，并采取一系列的步骤，以解决冲突。1944年，他与经济学家奥斯卡·摩根斯特恩 [30] 合写了一本书——《博弈论与经济行为》。他察觉到，经济具有高度共同进化和类似游戏的特性，而他希望以简单的游戏动力学来阐释它。举例说，鸡蛋的价格取决于卖方和买方彼此之间的预期猜测——我出价多少他才能够接受，他认为我会出多少，我的出价应该比我能承受的

价位低多少？令冯·诺依曼惊讶的是，这种相互欺诈、相互蒙骗、效仿、映像以及“博弈”的无休止递归一般都能够落实到一个明确的价格上，而不是无限纠缠下去。即使在股市上，当有成千上万的代理在玩着相互预测的游戏时，利益冲突的各方也能迅速达成一个还算稳定的价格。

冯·诺依曼最感兴趣的是想看看自己能否给这种互动游戏找出最理想的策略，因为乍一看来，它们在理论上几乎是无解的。于是他提出了博弈论作为解答。位于加利福尼亚州圣塔莫妮卡市的兰德公司是美国政府资助的智库。那里的研究人员发展了冯·诺依曼的工作，最后列出了4种有关相互猜测游戏的基本变体。每一个变体各有不同的输赢或平局的奖励结构。这4个简单的游戏在技术文献中统称为“社会困境”，但又可以被看作是构造复杂共同进化游戏的4块积木。这4个基本变体是：草鸡博弈、猎鹿博弈、僵局，以及囚徒困境。

“草鸡博弈”是供鲁莽的青少年玩的游戏。两辆赛车朝悬崖边奔去；后摔出来的司机是赢家。“猎鹿”是一群猎手面对的难题，他们必须合作才能把鹿杀死，如果没有人合作的话，那么开小差各自去撵兔子会更好些。他们是在赌合作（高回报）还是背叛（低，但是肯定有回报）吗？“僵局”是挺无聊的游戏，彼此背叛收益最高。最后一个“囚徒困境”最有启发性，在20世纪60年代末成为两百多例社会心理学实验的测试模型。

“囚徒困境”是由兰德公司的梅里尔·弗勒德 [\[31\]](#) 于1950年设计出来的。游戏中，两个分别关押的囚犯必须独立决定否认还是坦白罪行。如果两人都认罪，那么两人都会受到惩罚。如果两人都否认的话，则都会被无罪释放。但假如只有一人认罪，那么他就会得到奖励，而另一个则受到惩罚。合作有回报，但如果策略奏效的话，背叛也有回报。你该怎么办呢？



如果只玩一次，背叛对手是最合理的选择。但当两个“囚徒”一次又一次地玩，从中相互学习——也即“重复的囚徒困境”，游戏的推演就发生了变化。你不能无视对手玩家的存在；不论是作为强制的敌手还是同伙，他都必须受到重视。这种紧密相连的共同命运与政敌之间、生意对手之间或者生态共生体之间的共同进化关系非常类似。随着对这个简单游戏的研究的进一步深入，问题变成了：要想在长期内取得高分，面对“重复的囚徒困境”应该采取什么样的策略？还有，同无情或友善的各类玩家对垒时，该采取什么样的策略更容易取得成功呢？

1980年，密歇根大学政治学教授罗伯特·阿克塞尔罗德 [32] 组织了一次锦标赛，征集了14条不同的用于“囚徒困境”的对策，以循环赛的形式看哪个对策最后胜出。最后获胜的是一个最简单的对策，叫作“一报还一报”，由心理学家阿纳托尔·拉普伯特 [33] 设计。“一报还一报”是往复型策略，它以合作回报合作，以背叛回报背叛，往往产生一轮轮合作的周期。阿克塞尔罗德发现，重复游戏能产生一次性游戏所不具备的“未来阴影”之效果，这种效果鼓励合作，因为对玩家来说，用现在对他人予以的合作来换取今后他人给予的合作是一个合理的选择。合作的闪现使阿克塞尔罗德陷入沉思：“没有中央集权的自我主义世界需要具备什么条件才能涌现出合作的行为？”

1651年，托马斯·霍布斯 [34] 宣称：只有在善意的中央集权帮助下才能产生合作。这一传统政治推论曾经在几个世纪里一直被奉为圭臬。霍布斯断言，没有自上而下的管理，就只会有群体自私。不管经济体制如何，必须有强大的势力来推行政治利他主义。然而，在美国独立和法国革命后逐步建立起来的西方民主制度表明，民意通达的社会可以在没有中央集权强力干预的情况下发展合作机制。个人利益也能孕育出合作。在后工业化经济里，自发合作是常有的事情。被广泛采用的工业标准（既有质量方面的，也有协议方面的，如110伏电压，

还有ASCII码），以及因特网这个世界上最大的无政府形态的兴起，都使得人们更加关注孕育共同进化合作所需的必要条件。

这种合作不是新时代的精神至上主义。相反，如阿克塞尔罗德所说，这是一种“不讲交情、无需远见的合作”，是大自然的冷规则，适用于许多层面，并催生了自组织结构。不管你愿不愿意，多少都得合作。

“囚徒困境”这类游戏，不单是人类，任何自适应个体都可以玩。细菌，狢狢，或是计算机里的半导体器件，都可以根据各种回报机制，在眼前的稳妥收获与未来的高风险高回报之间做出权衡。当长时间与相同的伙伴一起玩这个游戏时，双方既是在博弈，又是在进行某种类型的共同进化。

每一个复杂的自适应组织都面临着基本的权衡。生物必须在完善现有技能、特质（练腿力以便跑得更快）与尝试新特质（翅膀）之间做取舍。它不可能同时做所有的事情。这种每天都会碰到的难题便属于在开发和利用之间作权衡。阿克塞尔罗德用医院做了一个类比：“一般情况下，你可以想见试用某种新药比尽可能发掘已有成药的疗效回报来得低。但假如你给所有病人用的都是目前最好的成药，你就永远无法验证新药的疗效。从病人个人角度来讲最好不要试用新药。但从社会集合体的角度出发，做实验是必要的。”开发（未来收益）与利用（目前稳赢的筹码）之比应该是多少，这是医院不得不做的博弈。生命有机体为了跟上环境的变化，在决定应该在多大程度上进行变异和创新时，也会做出类似的权衡。当海量的生物都在做着类似的权衡并且互相影响时，就形成一个共同进化的博弈游戏。

阿克塞尔罗德发起的、有14位玩家参与的“囚徒困境”循环锦标赛是在电脑上进行的。1987年，阿克塞尔罗德通过设定一套系统拓展了这个电脑游戏。在系统里，有一小群程序玩家执行随机产生的“囚徒困境”策略。每个随机策略在和所有其他运行中的策略对阵一圈之后被打

分，得分最高的策略在下一代的复制率最高，于是最成功的策略便得以繁衍和传播。许多策略都是通过“捕食”其他策略来取胜的，因而，只有当猎物能存活时，这些策略才能兴旺发达。这就导出了自然界荒野中俯拾皆是的生物数量呈周期性波动的机理，说明了狐狸和兔子的数量在年复一年的共同进化的循环中是如何起起落落的。兔子数量增，狐狸繁殖多；狐狸繁殖多，兔子死翘翘。但是没有了兔子，狐狸就得饿死。狐狸数量少了，兔子数量就多了。兔子多了，狐狸也就多了，以此类推。

1990年，在哥本哈根尼尔斯波尔研究院工作的克里斯蒂安·林德格雷 [35] 将这个共同进化实验的玩家数扩展到一千，同时引入随机干扰，并使这个人工共同进化过程可以繁衍到三万世代之后。林德格雷发现，由众多参与“囚徒困境”游戏的愚钝个体所组成的群体不但重现了狐狸和兔子数量的生态波动，也产生出许多其他自然现象，如寄生、自发涌现的共生共栖，以及物种间长期稳定的共存关系等，就如同一整套生态系统。林德格雷的工作让一些生物学家兴奋不已，因为在他的漫长回合博弈游戏中出现了一个又一个的周期。每个周期的持续时间都很长；而在一个周期内，由不同策略的“物种”所形成的混合维持着非常稳定的状态。然而，这些盛世都被一些突发、短命的不稳定插曲所打断，于是旧的物种灭绝，新的物种生根。持新策略的物种间迅速达成新的稳定，又持续发展数千代。这个模式与从早期化石里发现的进化的常见模式相契合，该模式在进化论业界里叫作间断平衡 [36]，或简称为“蹦移”（punctate equilibrium）。

这些实验得出了一个了不起的结果，令所有希望驾驭共同进化力量的人都为之瞩目。这是众神的另一条律法：在一个饰以“镜子上的变色龙”式的叠套花环的世界里，无论你设计或演变出怎样高妙的策略，如果你绝对服从它，为它所用，从进化的角度来看，这个策略就无法与其他具竞争力的策略相抗衡。也即是说，如何在持久战中让规则为你所用才是一个具竞争力的策略。另一方面，引入少许的随机因素

（如差错、缺陷）反而能够在共同进化的世界里缔造出长久的稳定，因为这样一来，某些策略就无法被轻易地“山寨”，从而能够在相对长的时期里占据统治地位。没有了干扰，即出乎意料或是反常的选择，就没有足够多的稳定周期来维持系统的发展，逐步升级的进化也就失去了机会。错误能使共同进化关系不致因为胶着太紧而陷入自沉的漩涡，从而保持共同进化的系统顺流前行。向你的错误致敬吧。

在电脑中进行的这些共同进化游戏还提供了另外的教益。零和与非零和游戏的区别是少数几个渗透到大众文化中的博弈论理念之一。象棋、选举、赛跑和扑克是零和游戏：赢家的收益取自输家的损失。自然界的荒野、经济、思维意识、网络则属于非零和游戏：熊的存在并不意味着狼獾会失败。共同进化中的冲突环环相扣、彼此关联，意味着整体收益可以惠及（有时殃及）所有成员。阿克塞尔罗德告诉我：“来自博弈论最早也是最重要的洞见之一就是，非零和游戏的战略内涵与零和游戏的战略内涵截然不同。零和游戏中对他人的任何伤害都对你有好处。在非零和游戏中，你们可能共荣，也可能同衰。我认为，人们常用零和游戏的观点看世界，其实他们本不该这样。他们常说：‘我比别人做得好，所以我就该发达。’而在非零和游戏里，尽管你比别人做得好，你也可能和他一样潦倒。”

阿克塞尔罗德注意到，作为赢家，“一报还一报”策略从不琢磨利用对手的策略——它只是以其人之道还治其人之身。在一对一的对决中，该策略并不能胜过任何一个其他策略；但在非零和游戏中，它却能够在跟许多策略对抗的过程中取得最高累积分，从而夺得锦标。正如阿克塞尔罗德向“囚徒困境”的始作俑者威廉·庞德斯通 [\[37\]](#) 指出的：“这个理念太不可思议了。下棋时怎么可能不击败任何一个对手就夺得锦标呢？”但是在共同进化中——变化是响应自身而变化——不用打击他人就能赢。企业界那些精明的首席执行官们现在也承认，在网络和结盟的时代，公司犯不着打击他人就可以大把地赚钱。这个就是所谓的双赢。

双赢是共同进化模式下生命所演绎的故事。

坐在堆满书籍的办公室里，罗伯特·阿克塞尔罗德还沉浸在对共同进化的理解和思考中。然后他补充道：“希望我在合作进化方面的工作有助于避免世界冲突。你看过国家科学院给我的奖状没有，”他指着墙上的一块牌匾说，“他们认为它有助于避免核战争。”尽管冯·诺依曼是发展原子弹的关键人物，但他并没有将他的理论明确地应用于核军备竞赛的政治游戏。在1957年冯·诺依曼逝世之后，军事战略智囊团开始利用他的博弈论分析冷战，冷战中两个相互为敌的超级大国带有共同进化关系中“强制合作”的意味。戈尔巴乔夫具有基本的共同进化洞察力。阿尔塞德罗说：“他看到，减少而不是增加坦克数量会让苏联更安全。他单方面裁掉了一万辆坦克，使得美国和欧洲更难有借口保持大规模的军事预算，借此全面展开了结束冷战的进程。”

对于“伪神们”<sup>[38]</sup>来说，从共同进化中获得的最有用的教训就是，在共同进化的世界里，控制和保密只能帮倒忙。你无法控制，而开诚布公比遮遮掩掩效果更好。“在零和游戏中你总想隐藏自己的策略，”阿克塞尔罗德说，“但在非零和游戏中，你可能会将策略公之于众，这样一来，别的玩家就必须适应它。”戈尔巴乔夫的策略之所以有效，是因为他公开实施了这个策略；如果只是秘密地单方面削减武器则会一事无成。

镜子上的变色龙是一个完全开放的系统。无论是蜥蜴还是玻璃，都没有任何秘密。盖亚的大封闭圈里循环不断，是因为其中所有的小循环都在不断的共同进化沟通中互相交流。从苏联指令式计划经济的崩溃中我们了解到，公开的信息能够保持经济的稳定和增长。

共同进化可以看作是双方陷入相互传教的网络。共同进化的关系，从寄生到结盟，从本质上来讲都具有信息的属性。稳步的信息交流将它们焊接成一个单一的系统。与此同时，信息交流——无论是侮



辱、还是帮助，抑或只是普通新闻，都为合作、自组织，以及双赢结局的破土发芽开辟了园地。

在我们刚刚迈入的网络时代中，频繁的交流正在创造日益成熟的人工世界，为共同进化、自发的自组织以及双赢合作的涌现而准备着。在这个时代，开放者赢，中央控制者输，而稳定则是由持续的误差所保证的一种永久临跌状态。

---

[1] 斯图尔特·布兰德（Stewart Brand）：“全球电子链接”（WELL - Whole Earth'Electronic Link）电话会议系统创建者，《全球概览》（The Whole Earth Catalog）刊物创办人。

[2] 格雷戈里·贝特森（Gregory Bateson, 1904.05.09~1980.07.04）：英国人类学家、社会科学家、语言学家、符号学者及控制论专家，其论述涉及许多领域。

[3] 奇趣屋（fun-house hall）：马戏团常设的一种娱乐项目。屋内放置了许多镜子，人走入其中就像走入了“复制自己的世界”。

[4] 约翰·霍兰德（John Holland, 1929.02.02~）：复杂理论和非线性科学的先驱，遗传算法之父。美国约翰·霍普金斯大学心理学教授，麦克阿瑟研究奖获得者，麦克阿瑟协会及世界经济论坛的会员，圣塔菲研究所指导委员会主席之一。

[5] 场的平方反比定律：指物体或粒子间的场力（引力、电磁力等）与距离的平方成反比。

[6] 保罗·埃尔利希（Paul Ehrlich, 1854.03.14~1915.08.20）：德国著名医学家，血液学和免疫学奠基人之一，1908年诺贝尔生理学及医学奖获得者。

[7] 马利筋（milkweed）：是一种蜜源植物，它的乳汁是有毒的。其花蕊的封闭式构造使其很难利用风力传粉。所以分泌花蜜并通过蝴蝶的足肢沾染授粉器达到授粉目的。黑脉金斑蝶幼虫以马利筋嫩茎与叶为食，蜕蝶后以花蜜为食；它能将马利筋的强心苷毒素累积在自己体内转为防御武器。

[8] 罗斯·艾希比（Ross Ashby, 1903.09.06~1972.11.15）：英国精神病学家，从事控制论和复杂系统研究的先驱。

[9] C.J.穆德（Charles J.Mode）：宾州费城德雷塞尔大学名誉数学教授，资深多产科学家。研究兴趣包括：生物统计学、随机过程、人口统计学、传染病学、遗传学和生物信息学、统计推理与数据分析方法、马尔科夫链、不完全马尔科夫过程、软件工程、蒙特卡罗模拟法等。

[10] 约翰·汤普森（John Thompson）：宾夕法尼亚大学华盛顿-杰佛逊学院教授。

[11] 詹姆斯·洛夫洛克（James Lovelock）：英国皇家学会会员，英国科学家，盖亚假说的提出者。在他的假说中，地球被视为一个“超级有机体”。

[12] 马歇尔·麦克卢汉（Marshall McLuhan，1911～1980）：加拿大著名哲学家及教育家，曾在大学教授英国文学、文学批判及传播理论。他是现代传播理论的奠基人，其观点深远影响了人类对媒体的认知。在没有“互联网”这个词出现时，他已预示互联网的诞生，“地球村”一词正是由他首先使用。

[13] P.W.普莱斯（P.W.Price）：生物学家。在加拿大和美国从事科学研究多年，2002年至今任北亚利桑那大学生物科学系名誉教授。

[14] 火星登陆探测：在发射了“水手”号探测器的基础上，美国实施“海盗”号火星着陆探测计划，共研制了两个“海盗”号火星探测器。1975年8月20日发射“海盗”1号，1976年6月19日探测器进入了火星轨道，7月20日降落装置在火星表面软着陆成功，进行了大量拍照和考察，在火星上工作时间达6年，于1982年11月停止发回信息。1975年9月9日“海盗”2号发射上天，1976年8月7日进入火星轨道，9月3日降落装置在火星表面软着陆成功，在火星上的考察至1978年7月停止。这两个探测器专门对火星上是否有生命存在进行了4次检查和重要的试验。

[15] 示踪气体：是在研究空气运动中，一种气体能与空气混合，而且本身不发生任何改变，并在很低的浓度时就能被测出的气体总称。其他示踪气体包括：氟仿、过氧乙酰硝酸酯、二氧化氯、氮氧化物、二氧化硫、氩、汞。由于示踪气体的总量非常小，因此它们的变化幅度可以非常大。目前空气成分变化最大的是二氧化碳，工业化开始后其浓度增加了约40%。

[16] 热力学的熵增定律：大多数自发化学反应趋向于系统混乱度增大的方向，即熵增方向。伴随着系统熵的增加，反应体内的能量相应减少。

[17] 埃舍尔（M.C.Escher，1898～1972）：荷兰著名艺术家，他以在画面上营造“一个不可能的世界”而著称。在他的作品里展示了深广的数学哲理。一些自相缠绕的怪圈、一段永远走不完的楼梯或者两个不同视角所看到的两种场景产生出悖论、幻觉甚至哲学意义。

[18] 戴维·雷泽尔（David Layzer）：哈佛大学天体物理学家。他在20世纪70年代初期明确指出，根据热力学第二定律，在日益膨胀的宇宙中熵会增加，但是由于一些相空间细胞也不断增加，熵的最大极限其增长速度可能超过熵本身的增长。

[19] 弗拉基米尔·沃尔纳德斯基（Vladimir Vernadsky，1863～1945）：俄罗斯矿物学家和地球化学家。代表作为《生物圈》（1926年）一书。在苏联，他被称为20世纪的罗蒙诺索夫。他的生物圈学说和智慧圈思想揭示了人与自然平等共生的关系，描绘出人与生物圈共同进化的图景。他被称为现代生物地球化学之父。

[20] 爱德华·苏斯（Eduard Suess，1831.08.20～1941.08.26）：奥地利地质学家。曾任维也纳大学教授，是英国皇家学会、奥地利皇家学会会员，法国科学院、彼得堡科学院外籍院士。



[21] 密契主义（Mysticism）：同时肯定道与万物。“密契主义”一词出自希腊语动词 *myein*，即“闭上”，尤其是“闭上眼睛”。之所以要闭上眼睛，乃是出自对通过感官从现象世界获得真理、智慧感到失望。不过，密契主义并不像怀疑主义那样放弃对真理的追求，它仅仅主张闭上肉体的眼睛，同时却主张睁开心灵的眼睛，使心灵的眼睛不受现象世界的熙熙攘攘所干扰，从而返回自我，在心灵的静观中达到真理、智慧。因此，辞书中对神秘主义的解释一般是“通过从外部世界返回到内心，在静观、沉思或者迷狂的心理状态中与神或者某种最高原则结合，或者消融在它之中”。

[22] T.H.赫胥黎（T.H.Huxley，1825.05.04～1895.06.29）：英国生物学家、教育家。在古生物学、海洋生物学、比较解剖学、地质学等方面都有重大贡献。

[23] 赫伯特·斯宾塞（Herbert Spencer）：19世纪下半期英国著名的唯心主义哲学家、社会学家和教育学家，他被认为是“社会达尔文主义之父”。

[24] 阿尔弗雷德·洛特卡（Alfred Lotka，1880.03.02～1949.12.05）：数学家。曾于1924年至1933年间担任美国大都会人寿保险公司统计数学研究的负责人。

[25] 让·巴蒂斯特·拉马克（Jean Baptiste Lamarck，1744.08.01～1829.12.18）：法国生物学家，科学院院士，早期的进化论者之一。1809年发表了《动物哲学》（*Philosophie Zoologique*）一书，系统地阐述了他的进化理论，即通常所称的拉马克学说。书中提出了用进废退与获得性遗传两个法则，并认为这既是生物产生变异的原因，又是适应环境的过程。达尔文在《物种起源》一书中曾多次引用拉马克的著作。

[26] 乔纳森·韦纳（Jonathan Weiner）：美国作家，1976年毕业于哈佛大学，曾获1995年普利策奖、1994年洛杉矶时报图书奖、1999年全国图书评论家大奖，并获2000年安万特奖入选提名。曾在亚利桑那州州立大学、洛克菲勒大学任教，现在哥伦比亚大学新闻研究院执教。

[27] 盖亚（Gaia）：这个名字源自希腊神话的大地女神盖亚，是一个统称，包含了地球上有机生命体通过影响自然环境使之更适于生存的相关概念。这套理论认为，地外生命中的所有生物体使星球管理生物圈以造福全体。盖亚理念描绘出一个物种间的残存性生命力的联系，以及这种联系对其他物种生存的适用性。当盖亚理论有了若干先驱者时，英国化学家詹姆斯·洛夫洛克便于1970年以科学形式推出了盖亚假说。盖亚假说解决的是自动动态平衡概念，并主张主体星球的居留生命与其居住环境匹配为一个单一、自动调节的系统。这个系统包括近地表的岩石，土壤，以及大气。开始时有过论战，后来科学界许多人都或多或少地接受了以不同形式呈现的这一理念。

[28] 林恩·玛格丽丝（Lynn Margulis，1938～）：美国马萨诸塞州立大学教授，生物学家，美国国家科学院院士，著有《性的奥秘》、《何为生命》。她因提出真核生物起源理论而闻名，也是现今生物学普遍接受的内共生学说的主要贡献者，此学说解释了细胞中某些胞器（如粒线体）的由来。其另一个理论认为，发生在不同界或门之间的生物共生关系是驱动进化的力量。她认为遗传变异的存在是源自细菌、病毒以及真核细胞之间的信息转移。近年来她不断强调共生与合作在生物进化上的重要性，并认为所有生物之间存在共生现象。同时

更与英国生物学家詹姆斯·洛夫洛克合作阐述盖亚假说。但这些理论并未为主流科学界完全接受。

[29] 约翰·冯·诺伊曼 (John von Neumann, 1903.12~1957.02)：美国籍犹太人数学家，现代计算机创始人之一。

[30] 奥斯卡·摩根斯特恩 (Oskar Morgenstern, 1902.01.24~1977.07.26)：出生于德国的奥地利经济学家。他与约翰·冯·诺依曼一起创立了博弈论。

[31] 梅里尔·弗勒德 (Merrill Flood, 1912~)：1935年在内布拉斯加大学获数论硕士学位，同年获普林斯顿大学哲学博士学位。曾在普林斯顿大学、美国陆军部、兰德公司、哥伦比亚大学、密歇根大学、加利福尼亚大学等处任职，曾任美国管理科学学会会长、美国运筹学学会会长，以及工业管理工程师协会副会长。

[32] 罗伯特·阿克塞尔罗德 (Robert Axelrod)：密歇根大学政治学与公共政策教授，美国科学院院士，著名的行为分析及博弈论专家。

[33] 阿纳托尔·拉普伯特 (Anatol Rapoport, 1911.05.22~2007.01.20)：出生在俄罗斯的美籍犹太裔数学家和心理学家。主要贡献有统摄系统理论、数学生物学、社会相互影响的数学模式，以及随机感应模型。

[34] 托马斯·霍布斯 (Thomas Hobbes, 1588~1697)：英国政治学家、哲学家。英国理性主义传统的奠基人。

[35] 克里斯蒂安·林德格雷 (Kristian Lindgren)：从事复杂系统和物质能源理论的研究。目前是威尼斯的欧洲生活科技中心主任。

[36] 间断平衡论 (punctuated equilibrium)：1972年由美国古生物学家N.埃尔德雷奇和S.J.古尔德提出后，在欧美流传颇广。认为新种只能以跳跃的方式快速形成；新种一旦形成就处于保守或进化停滞状态，直到下一次物种形成事件发生之前，表型上都不会有明显变化；进化是跳跃与停滞相间，不存在匀速、平滑、渐变的进化。

[37] 威廉·庞德斯通 (William Poundstone)：美国作家、怀疑论者。曾在美国麻省理工学院学习物理，现居洛杉矶。长期为《纽约时报》、《经济学人》等知名报刊以及美国一些电视台撰稿。迄今已出版著作十余部，其中《循环的宇宙》、《推理的迷宫》获普利策奖提名。

[38] 伪神：这里应当是指人类。

## 第六章 自然之流变

### 6.1 均衡即死亡

今晚是中国传统的中秋佳节。旧金山唐人街闹市区内，华侨们一边互赠月饼，一边讲述着嫦娥奔月的故事。我家在距此12英里陡峭堤岸的后面。金门的大雾积聚在我家屋后堤岸的上空，将附近地区笼罩在茫茫雾气中。我踏着午夜的月光，出去散步，犹如云中漫步。

发白的黑麦草高及胸口，在风中喃喃低语。我跋涉其中，仔细观察加利福尼亚的崎岖海岸。这是一块无序的土地，大都是多山的沙漠，相临的大海虽然水量充足，却无法提供雨水。海洋在夜间展开浓雾，偷偷地运送着生命之水。清晨来临，雾气凝结成水滴附着在嫩枝和树叶上，滴滴答答地落到地上。整个夏天，水大都以这种方式传送过来，而在其他地方，这本是雷雨云团的份内之事。生命中的庞然大物红杉树，就在这雨水替代物的涓滴滋养下茁壮成长。

雨水广施恩泽，涵盖万物，包罗万象且一视同仁。相对之下，雾气却只能逡巡于方亩之间。它依赖于微弱的空气对流，漂浮到最容易到达的地方，然后滞留在适当而平和的丘陵间的凹陷处。地形以这种方式掌控着水汽，也间接地掌控了生命。丘陵形成合适的地形就能留住浓雾，或凝结水滴滴入峡谷。与阴面的北部斜坡相比，朝南向阳的山丘会因为蒸发作用失去较多的宝贵水分。而某些地表的土壤能够更好地保持水分。当这些变数彼此叠加组合时，便会造成许多小片的动植物栖息地，构成拼贴画般的风景。在沙漠地带，水决定着生命

去留。而当一块沙漠地带上水的传送无法做到普降恩泽、其所达范围有限且反复无常时，那么决定生命去留的就是土地本身。

结果就形成了拼贴画一样的风景。我屋后的小山就披着由三块截然不同的“料子”拼成的植被，一面斜坡上是匍匐的草地群落，居住着老鼠、猫头鹰、鼯和罌粟——一直延伸到海边。小山顶上，粗桧林和柏树把持着另一个单独的群丛，其中有鹿、狐狸和青苔。而在另一边的高地上，无边无际浓密的毒葛和常绿灌木丛中隐藏着鹌鹑以及其他种群成员。

这些“小联邦”之间保持着动态的平衡，它们相互间自我维持的姿态持续保持着将跌未跌的状态，就像春天溪流中的驻波<sup>[1]</sup>。当大量的自然界生物互相推搡着拥进共同进化的怀抱之时，在不均衡的地貌和气候环境中，它们的相互作用令彼此无法聚集，于是成为一片片隔离的斑块<sup>[2]</sup>，块内的动植物互相依存。这些斑块的位置亦随时间改变而游移。

风和春季洪水侵蚀着土壤，暴露出地下土层，新组成的腐殖质和矿物成分初露地表。土壤混合物上下搅动翻身的同时，与之息息相关的动植物也混杂着搅动变迁。郁郁葱葱的仙人掌树丛，比如巨树仙人掌丛林，可以在短短不到100年之内迁进或迁出西南部的小块沙漠地带。如果延时拍摄后用普通转速放映的话，会发现巨树仙人掌丛林在沙漠景观里蔓延的过程就像水银泻地。能游走的不仅仅只有仙人掌树丛。在同样缩时拍摄的画面里，中西部稀树大草原的野花绕着橡树丛漫溢上来，犹如涌来的潮水，有时，将树丛尽没在茫茫草原里；有时，山火过后，花草的潮水又会退却，复现扩散膨胀的橡树林。生态学家丹·鲍肯<sup>[3]</sup>曾这样描述过，森林“和着气候变换的节拍缓缓地穿行于地貌之中”。



“如果没有变化，沙漠就会退化，”托尼·博格斯 [4] 断言。他是一位身材魁梧，留着一大把红胡须的生态学家，深爱着沙漠。他全身心地学习研究与沙漠相关的知识和资料。在亚利桑那州图森市附近，博格斯顶着酷热一直监测着一块沙漠带。几代科学家在此进行了持续80年的测量和拍摄。对这块土地上的观察在所有无间断生态学观察中时间是最长的。通过研究这80年来沙漠变化的数据，博格斯得出结论：“多变的降雨量是沙漠存续的关键。每年降雨的情况稍有不同，才能使每个物种略微脱离平衡态。如果降雨量变幻多端，那么物种的混合群落就会增加两到三个数量级。反之，如果相对于每年的气温循环周期，降雨量保持不变的话，美丽的沙漠生态将几乎总是向着单一乏味溃缩。”

“均衡即死亡，”博格斯如是陈述。这个观点在生态科学圈内流行时间还不很长。“直到20世纪70年代中期，我们所有人都在前人学说的指导下工作，即生物群落正趋向不变的均衡，形成顶极群落。而今，我们看到，正是紊乱和多变真正给自然赋予了丰富的色彩。”

生态学家偏爱自然界中的各种均衡状态，其主要原因和经济学家偏爱经济中的各种均衡状态相同：均衡态可以用数学模型来表达，你可以为一个过程写出你能够求解的方程。但如果你说这个系统永远处于非均衡状态，你就是在说它的模型是无法求解的，也就无从探究。那就相当于你几乎什么都没说。而在当今这个时代，生态学（还有经济学）上的理解发生巨大改变并不是偶然的，因为用廉价计算机就能轻松地为非平衡和非线性方程编程求解。在个人电脑上为一个混沌的共同进化的生态系统建立模型突然不再是难题了。你看，这和行进的巨树仙人掌丛林或稀树大草原的奇异行为多像啊。

近年来，学者们提出了上千种非均衡态模型；事实上，现在有一个小圈子，专门研究混沌非线性数学，微分方程和复杂性理论等，所有这些研究都有助于改变这样的旧有观念：大自然和经济活动都会收

敛到平衡稳态。流动即常态这个新观点重新阐述了历史数据。博格斯能够向人们展示沙漠的老照片，表明巨树仙人掌丛林的生态地块在一段相对较短的时间（几十年）正在图森盆地内漂移。“从我们监测的沙漠带发现，”博格斯说，“这些地带的发展并不同步。而正因如此，整个沙漠带内物种较为丰富，如果自然灾害彻底毁灭了一个地块上的物种，处在另一发展阶段的地块可以输出生物体和种子到这片地带。甚至在没有降雨量变化的生态系统，比如热带雨林，由于周期性的暴风雨和倒折的树木，也存在这种斑块生态动力系统（patch dynamics）。”

“均衡态不仅意味着死亡，它本身就是死亡状态，”博格斯强调，“系统要变得丰富，就需要时间和空间上的变化。但变化太多也不行。你会一下从生态渐变群 [5] 转到生态交错群 [6] 。”

博格斯认为，自然界对扰动和变化的依赖是个现实问题。“在自然界，如果作物（包括蔬菜，种子，或肉）的收成年复一年差异很大，那没什么问题。自然实际上在此差异中增加了其丰富性。但是当人们要靠一个生态系统中的作物维持生计，比如受变化驱动演化的沙漠系统，他们能做的仅仅是将这个系统简化成我们所谓的农业——根据变化的环境提供固定的产品。”博格斯希望沙漠的变迁能教会我们如何不用简化系统就能和变化的环境共处。这并不是一个完全愚蠢的梦想。信息驱动的经济模式为我们提供的是一种能够适应调整的基础结构，它能围绕无规律的产出灵活地做出修正；这就为灵活的“即时”制造业提供了基础。理论上，对于提供食物和有机资源的丰富多变的生态系统，我们可以利用信息网络调节投入，以适应其极不规律的产出。但是，正如博格斯承认的：“眼下，除了赌博，我们还没有由变化驱动的工业经济模式。”

## 6.2 谁先出现，稳定性还是多样性？

如果说自然是建立在恒久流变的基础之上，那么不稳定性可能就是引起自然界生物类型丰富多彩的原因。不稳定的自然力量是多样性产生的根源，这种想法与一条古老的环境主义格言背道而驰：即稳定性产生多样性，多样性又带来稳定性。但如果自然的系统的确并不趋向精致的平衡，我们就应该习惯于和不稳定打交道。

在20世纪60年代后期，生物学家最终获得计算机的帮助，开始在硅晶网络上建立动态生态系统和食物链网络模型。他们试图回答的首批问题之一是，稳定性来自于何方？如果在虚拟网络上创建掠食者和被掠食者的相互关系，是什么条件致使二者稳定下来演绎一段长期共同进化的二重奏，又是什么条件会使这些虚拟生物难以为继？

最早的模拟稳定性的论文中有一篇是加德纳和艾希比在1970年合作发表的。艾希比是一位工程师，他对正反馈回路的种种优点和非线性控制电路很感兴趣。两人在电脑上为简单的网络回路编制出数百种变化，并系统地改变节点的数量和节点间的关联度。他们发现了惊奇的一幕：如果增加关联度至超过某一临界值，系统从外界扰动中回复的能力就会突然降低。换句话说，与简单的系统相比，复杂的系统更有可能不稳定。

次年，理论生物学家罗伯特·梅<sup>[7]</sup>也公布了类似的结论。梅在电脑上运行生态模型，一些模拟的生态群落包含大批互相作用的物种，另一些则只包含极少的物种。他的结论与稳定/多样性的共识相抵触。他提醒大家，不要简单地认为增加物种混合的复杂性就能带来稳定性。相反，梅的模拟生态学认为，简单性和复杂性对稳定性的影响，并不如物种间相互作用的模式来得大。

“一开始，生态学家建立起简单的数学模型和简单的实验室微观系统，他们搞砸了。物种迅速消失。”斯图亚特·皮姆告诉我，“后来，生态学家在电脑上和水族箱里建立了更复杂的系统，他们以为这样会好



些。但是他们错了，甚至搞得更糟。复杂性只会让事情变得异常困难，因为参数必须正好合适。所以，除非它确实简单（单猎物-单资源的种群模型），否则随机建立一个模型是行不通的。增加多样性、加强互相作用或者增加食物链长度，它们很快也会达到崩溃的地步。这是加德纳、艾希比、梅和我对食物网络所做的早期研究的主题。但继续在系统里加入物种，不断地让它们崩溃，它们竟然最终混合在一起，不再崩溃，突然获得了自然的秩序。它们经过大量反复的杂乱失败才走上正轨。我们所知道的获得稳定持续的复杂系统的唯一方式，就是再三重复地把它们搭配在一起。就我所知，还没人能真正理解其有效的原因。”

1991年，斯图亚特·皮姆和他的同事约翰·劳顿 [8] 以及约·科恩 [9] 一起回顾了所有对野外食物链网进行的实地测量，通过数学方法分析，得出的结论是，“生物种群从灾难中恢复的比率……取决于食物链长度”和一个物种所对应的被掠食者和掠食者数量。昆虫吃树叶就是一条食物链的一环。龟吃掉吃叶子的昆虫就形成了一条食物链上的两环。狼也许处在离叶子很远的环节上。总体来说，当食物链越长，环境破坏带来的影响就会使得互相作用的食物链网越不稳定。

西班牙生态学家罗蒙·马格列夫 [10] 在此前几年观察到的一个现象，最恰当地阐述了由梅的模拟实验中得出的另一要点。马格列夫像梅一样注意到，由许多成员组成的系统成员彼此之间的联系会很弱，而成员很少的系统其成员彼此间的联系会很紧密。马格列夫这样说：“实际经验表明，那些与别的物种互动自由度大的物种，它们的交际圈子往往很大。相反地，彼此交往密切，互动程度强的物种常常属于一个成员很有限的系统。”生态系统内的这种明显的折衷，要么是多数联系松散的成员，要么是少数联系紧密的成员，与众所周知的生物体繁殖策略折衷非常相似：要么生出少数后代并加以妥善保护，要么产出无数后代任其自寻生路。

生物学表明，除了调节网络中每个节点各自的接头数量，系统还趋于调节网络中每对节点之间的“连接性”（连接强度）。自然似乎是保持连接性的不变性的。因此，我们应该料想能在文化、经济和机械系统中找到相似的连接性守恒<sup>[11]</sup>定律，尽管我不清楚是否有过这样的研究。如果在所有的活系统中有这样的规律，我们也可料想，这种连接性在流变，永远处于不断调整的状态。

“一个生态系统就是一个活物的网络”，博格斯说。生物通过食物链网、气味和视野以各种不同程度的连接性连接到一起。每个生态系统都是一个动态的网络，总是在流变，总处在重塑自己的过程中。“不论何处，当我们寻找不变时，找到的都是变化，”伯特克写道。

当我们踏上黄石公园朝圣之旅，或去加利福尼亚红树林，又或去佛罗里达湿地，我们总被当地那种可敬的、恰到好处的浑然天成深深打动。熊似乎就应出没于落基山脉的幽深河谷里；红衫林似乎就应摇曳在海岸山丘上，而北美鳄似乎就该呆在平原。我们有一种冲动，要保护它们免遭干扰。但从长远眼光来看，它们全都原本就是过客，既不是此地的老住户，也不会永住于此。鲍肯写道：“自然本身无论是形式、结构还是构成都不会恒久不动，自然无时无刻不在变化。”

学者研究从非洲一些湖底的钻孔里得到的花粉化石，发现非洲地貌在过去几百万年中一直处于流变的状态。在过去的某个时刻，非洲的景观看起来和现在迥然不同。现在广袤的撒哈拉沙漠在过去不久的地质时期里是热带森林。而自那时到现在曾出现过许多生态类型。我们认为野性是永恒的；现实中，自然就是受限的流变。

注入人工介质和硅晶片中的复杂性只会有更进一步的流变。虽然我们不知道，人类制度——那些凝聚人类心血和梦想的社会生态系统——也一定处在不断的流变和反复破立中，但当变化开始时，我们却

总是惊讶或抗拒。（问一个新潮的后现代美国人是否愿意改变订立已200年之久的美国宪法。他会突然变成中世纪的保守派。）

变化本身，而不是红衫林或国家议会，才是永恒的。问题就变成：什么控制着变化？我们怎样引导变化？在政府、经济体和生态系统等松散团体中的分布式生命可以用任一种刻意的方式加以控制吗？我们能预知未来的变化状态吗？

比如说你在密歇根购买了一块100英亩荒废的农田。你用篱笆把四周围起来，把牛和人都隔在外面。然后你走开，监测这块荒地几十年。第一个夏天，园内野草占据这块地。从那以后每年都有篱笆外的新物种被风吹入园内落地生根。有些新来者慢慢地被更新的后来者代替，生态组合在这片土地上自我组织，混合就这样流变经年。如果一位知识渊博的生态学家观察这片围起来的荒野，他能否预测百年之后哪些野生物种会占据这片土地？

“是的，毫无疑问他能预测，”斯图亚特·皮姆说，“但这预测不会像人们想的那样有趣。”

翻开所有标准的大学生态学课本，在有关生物演替概念的章节中都可找到这块密歇根热土最后的形态。第一年到访的杂草是每年开花的草本植物，接着被更坚韧的多年生植物如沙果草和豚草取代，木本的灌木丛会荫蔽并抑制开花植物的生长，随后松树又抑制了灌木的生长。不过，松树的树荫保护了山毛榉和枫树等阔叶木的幼苗，接下来轮到后者坚定地把松树挤出地盘。百年之后，典型的北方阔叶林就几乎完全覆盖了整块土地。

整个过程，就好像这片土地本身就是一粒种子。第一年长出一堆野草，过了一些年，它变成浓密的灌木丛，再后来它长成了繁茂的树林。这块土地演替的画卷按着可以预知的阶段逐步展开，正如我们可以预知蛙卵将以何种方式变成蝌蚪。

这种发育过程还有其他奇特的侧面，如果这块新开发地开始于100英亩潮湿的沼泽区，而不是一块田地，或者换成同样大小的密歇根干燥多沙的沙丘，那么最初来接管的物种是不同的（沼泽上会是莎草，沙丘上会是覆盆子），但是物种的混合逐渐向同一个终点会聚，那就是阔叶林。三粒不同的种子孵化成同样的成体。这种会聚现象使得生态学家萌生了生物演替存在终点或是顶极群落[\[12\]](#)的设想。在某一区域，所有生态混合体趋于转替直到它们达到一种成熟、终极、稳定的和谐。

在气候温和的北方，土地“想要”的是阔叶林。只要时间充足，干涸的湖泊或风沙沼泽地都会成为阔叶林。如果再暖和一点，高山山顶也会有此愿望。就好像在复杂的吃与被吃的食物链网中，无休止的生存竞争搅动着该地区混杂在一起的物种，直到混合态变成阔叶林这种顶极形态（或是其他气候条件下的特定顶极群落），那时，一切就会平静地归于一种大家都可接受的和平，土地就在顶点混合状态下平息下来。

演替达到顶极期时，多样物种间的相互需求漂亮地合拍，使整体很难遭到破坏。在短短30年内，北美的原种栗树就完全消失了[\[13\]](#)——这些强势的栗树本是北美森林主体的重要组成部分。然而，森林的其他部分并未遭受巨大影响，森林依然挺立着。物种间的特殊混合产生的持久稳定性——生态系统——显示了类似属于有机体的和谐性的某种盆地效应。互相支撑中驻留着某种具有整体性而且富有生命力的东西。也许一片枫树林仅仅是由较小有机体组成的巨大的有机体。

另一方面，奥尔多·利奥波德写道：“若依普通的物理度量，无论是质量还是能量，松鸡在一英亩的土地生态系统中仅是沧海一粟。但是若从系统里拿走松鸡，整个系统也就停转了。”

## 6.3 生态系统：超有机体，抑或是身份作坊 [14]？

1916年，生态学奠基人之一弗雷德里克·克莱门茨 [15] 把类似山毛榉阔叶林这样的生物群落称为自然产生的超有机体。用他的话说，顶极群落构成的就是一个超有机体，因为“它产生，发展，成熟，死亡……的主要特点，堪比单株植物的生命历程”。由于森林自身就能在荒废的密歇根田地里再次播种，克莱门茨将其描绘为繁殖，生物体的另一个特性。对于任何一位敏锐的观察者而言，山毛榉——枫树林 [16] 差不多和乌鸦一样展示出了完整性和身份特征。能够可靠地繁殖自身，并在空地和不毛的沙地上传播，除了（超）有机体，我们还能把它叫作什么？

20世纪20年代，超有机体在生物学家眼里可是个时髦词。用来描述在那时尚属新奇的想法：群集的干员（agent）协力行动，产生由整个群体控制表达的种种现象。就像点点霉斑将自身聚合为粘液菌，一个生态系统也能结合而成一个稳定的超组织（superorganization）——蜂群或森林。一片乔治亚州松树林的行为与单棵松树不同。得克萨斯州山艾树荒原也不同于单棵的山艾树，就像鸟群不是一只大鸟，它们是另一种有机体。动植物联合成松散的联邦，展现出一个有自己独特行为方式的超有机体。

克莱门茨的竞争对手，另一位现代生态学之父，生物学家格利森 [17] 认为，超有机体联邦的观点过于牵强，很大程度上是人类内心的产物，试图能在各处发现模式。格利森反对克莱门茨的假设，他提出顶极群落仅仅是生物体偶然形成的联合，其兴衰取决于当地气候和地质条件。生态系统更似一个联合会而非社区——不确定，多元，包容，不断流变。



自然界的万千变化为这两种观点都提供了证据。在某些地方，群落间的边界是明确的，更符合生态系统是超级有机体的期待。太平洋西北部多岩石的海岸沿线，高潮期的海藻群落和临水侧的云杉林之间是杳无人烟的贫瘠海滩。站在数尺宽的狭窄沙盐地带，仿佛可以感受到两侧的两个超有机体，正忙碌着各自的烦恼尘缘。另一个例子在中西部地区，落叶林和开满野花的草原之间有着无法渗透的边界，引人注目。

为解开生态超有机体之谜，生物学家威廉姆·汉密尔顿<sup>[18]</sup>从20世纪70年代开始在电脑上为生态系统建模。他发现，在他的模型中（和现实生活中一样）很少有系统能自组织形成任何一种可持久的连贯一致性。我上述的例子是野外生物界的例外。他还找到了另外几个例子：几千年来，水藓泥炭沼泽抵制了松树的入侵。苔原冻土带也是如此。但是大多数生态群落跌跌撞撞地发展出的杂交混合物种，并未作为一个整体给整个群落提供特别的自卫能力。从长远来看，大多数生态群落，不管模拟的还是真实的，都很容易受到外部的侵入。

格利森是正确的。一个生态系统内各成员间的连接远比有机体内各成员间的连接更为易变和短暂。从控制论的角度看，象蝌蚪这样的有机体和淡水沼泽这样的生态系统之间控制方式的不同在于，单个有机体受到严格紧密的束缚，而生态系统则宽松自由，不受束缚。

长远来看，生态群是临时性的网络。尽管有些群落相互联系紧密，近乎共生，大多数物种在进化期内还是漫无目的地随着伙伴的自身进化而与不同的伙伴同行。

从进化的时间尺度上看，生态学可以看作一场漫长的带妆彩排。对生物类型来说，那就是个身份作坊。物种变换角色尝试与每个物种合作，探索合作关系。随着时间的推移，角色和扮演融入到生物体的基因中。用诗意的话讲，基因不愿意将取决于其邻伴行为方式的任何

交互作用和功能吸收进自己的编码，因为邻里关系时时刻刻都在发生变化替换。基因宁愿为保持灵活、独立和自由付出些代价。

同时，克莱门茨也是对的。存在某种效率盆地：假定其他条件不变，可以使特定的混合群体达到稳定的和谐状态。譬如，设想一下山谷两边岩石滚落谷底的方式。不是所有的岩石都能在谷底着陆；某些石头可能会卡在某个小山丘。同样，在山水间的某处，也可以发现未达到顶极群落状态的稳定的中间级物种混合群落。在极短的地质时期内（几十万年），生态系统形成一个亲密的团体，既与外界无涉也无需额外物种加入。这些联合体的生命甚至远比个体物种的生命还要短暂，个体物种通常可以存续一两百万年。

为使进化发挥效力，参与者之间必须具有一定的连接性；所以在那些紧密连接的系统里，进化的动力得以尽其所能。而在连接松散的系统里，比如生态系统、经济系统、文化系统，发生的则是不那么结构化的适应性调整。我们对松散系统的一般动力学所知甚少，是因为这种分散的改变是杂乱而无限间接的。早期的控制论专家霍华德·派蒂[19]将层次结构定义为一个连接性频谱。他说：“在理想主义者的眼中，世上万物间都互有联系——也许的确如此。每个事物都有联系，有的事物会比其他事物有更多的联系。”派蒂定义的层级是系统内的连接性差异化的产物。那些联系松散以至于“扁平化”的成员，容易形成一个独立的组织层次，与那些成员间联系紧密的区域分离开来。不同的连接性区域产生了层级构造。

用最普适的话来说，进化是紧密的网络，生态是松散的网络。进化性的改变像是强力束缚的进程，非常类似于数学计算，甚或思维活动。在这种意义上，它是“理智的”。另一方面，生态变化则像是低等智力的、迂回的过程，以那些对抗风、水、重力、阳光和岩石的生物躯体为中心。生态学家罗伯特·洛克利夫[20]这样写道，“群落[生态学的]属性是环境的产物而非进化史的产物。”进化是直接由基因或计



算机芯片产生的符号信息流控制的，而生态则受控于不那么抽象、但更加杂乱无章的复杂性，这种复杂性来自于肉体。

因为进化是这样一个充满符号信息的过程，所以我们现在能人为创造并加以控制，但因为生态变化受到有机体本体的约束，只有当我们能更容易地模拟出生物躯体和更丰富的人工环境时，才能加以合成。

## 6.4 变化的起源

多样性从何而来？1983年，微生物学家朱利安·亚当斯 [21] 在培养一族大肠杆菌菌群的时候发现了一个线索。他将培养基提纯，得到具有完全一致的不变性的同一菌类。他将这族菌群放入一个特制的恒温器，给菌株提供一个均匀一致的生长环境——每个大肠杆菌都享有相同的温度和营养液。然后他令这些一模一样的菌虫复制并发酵。经过400代的裂变之后，大肠杆菌孕育出与其本身基因稍有变异的新菌株。在恒常不变没有特色的环境中，生命自发地走向了多样化。

亚当斯很惊讶，他仔细研究那些变体（它们不是新物种）的基因，想查明发生了什么。某个初始的细菌经历了一次变异，使其分泌有机化学物质乙酸酯。另一个细菌经历的变异使它能够利用第一个细菌分泌出来的乙酸酯。乙酸酯制造菌和乙酸酯采食菌的共栖协同依赖性突然从均质性中显露头角，这一群体分化成了一个生态体系。

虽然均质性也能产生多样性，但是不一致产生的效果会更好。假使地球像闪亮的轴承滚珠一样平滑——像完美的球状恒化器般均衡地分布着同样的气候和土壤——那么地球所拥有的多姿多彩的生态群落就要大大减少。在一个持久不变的环境里，所有的变异和多样性必须由内力驱动产生。其他共同进化的生命将是作用于生命的唯一限制。

假如进化可以自行其道，不受地理或地质变化力的干扰——换言之，脱离躯体的拖累——那么这似乎有意识的进化就会将进化产物作为进一步进化的输入，产生深度递归的关系。一个没有山脉，没有风暴，也没有出乎意料的干旱的星球上，进化会将生命卷进越缠越紧的共同进化之网，形成充满沉湎于不断加速的协同依赖性的寄生物、寄生物之寄生物（即重寄生物）、仿制品以及共生体的平淡世界。但由于每一物种与其他物种的耦合如此之紧密，想要分辨从何处起算是一个物种的身份发端和另一个物种的身份消亡就很困难。最后，滚珠般均匀的星球上的进化会将所有的事物一股脑地塑造成一个在全球范围内超级分布式的、单一、巨大的超个体（超有机体）。

出生环境恶劣的极地生物，必须随时应对大自然强加给它们的难以捉摸的变化。夜晚的严寒，白昼的酷热，春天融冰过后的暴风雪，都造就了恶劣的栖息环境。而位于热带或深海的栖息地相对“平稳”，因为它们的温度、雨量、光照、养分都持久不变。因此，热带或洋底的平和环境允许那里的物种摒弃以改变生理机能的方式适应环境的需要，并给它们留下以单纯的生态方式适应环境的空间。在这些稳定的栖息地里，我们大有希望观察到许多怪异的共栖和寄生关系的实例——寄生吞噬寄生，雄性在雌性体内生活，生物模仿、伪装成其他生物，事实也正是如此。

没有恶劣环境，生命就只能自己把玩自己，但仍然能够产生变异和新特性，无论在自然界还是人工仿真界，通过将生物投入恶劣而变化多端的环境都能产生更多的多样性。

这一课对于那些设法在电脑世界里创造仿真行为的众神仿效者们并非毫无教益。自我复制、自我变异的电脑病毒一旦被释放进处理资源均匀分布的电脑存储器，便快速进化成一大群递归复制的变种，有寄生，有重寄生，还有重重寄生。有个名叫戴维·艾克利 [\[22\]](#) 的电脑生命研究员告诉我：“我最终发现，想要得到和生命真正类似的行为，不

是设法创造出真正复杂的生物，而是给简单的生物提供一个极其丰饶的变异环境。”

## 6.5 生生不息的生命

这大风天的下午两点，离上次午夜远足6个月之后，我又爬上了屋后的山丘。冬雨洗得草儿绿，大风吹得草儿弯。爬到山脊不远处，我在野鹿卧在软草上压成的一个圆圆的草垫前停下。踩过的草茎饱经风霜，浅黄中微微带紫，这颜色好像是从鹿的肚子上蹭下来的。我在这草窝中歇息。头顶上是呼号的风。

我看见吹弯的草叶下蜷缩着的野花。不知什么原因，所有的物种都是紫蓝色的：羽扇豆，蓝眼草，蒲公英，龙胆草。在我、偃伏的草叶、还有远处的大海之间，是披挂着银绿色叶子粗矮的灌木丛——典型的荒漠版本。

这里有一株野胡萝卜花。它叶子上的纹路纵横交错，精细而复杂，令人眼花缭乱。每片叶子上排列着24片小叶，其中每片小叶之上又排列着12片更小的细叶。这种递归式的形状无疑是某种过度处理的结果。其顶生的复伞形花序，由30朵奶白色的小碎花簇拥着中心一朵小紫花，同样令人感到意外。在我歇息的这个草坡，多种多样的生命形式各自势不可当地呈现着自己的细节和不可思议。

我本应感动。但是坐拥这两百万棵草本植物以及数千棵杜松灌木林，对我冲击最大的却是想到地球上的生命是何其相像。在被赋予生命的物质所能采用的所有形状和行为中，只有少数几种及其广泛的变异形式通过了选拔。生命骗不了我，一切都是一样的，犹如杂货店里的罐头食品，尽管商标不同，却是由同一个食品集团制造。显然，地球上的所有生命都来自同一个超越国界的联合大企业。

我坐着的草棵支愣着，乱蓬蓬的蒲公英杆刮着我的衬衫，棕胸燕朝山下俯冲：它们是向四面八方滋蔓的同一事物。我之所以懂得，是因为我也被拉扯进去了。

生命是一种连结成网的东西——是分布式的存在。它是在时空中延展的单一有机体。没有单独的生命。哪里也看不到单个有机体的独奏。生命总是复数形式。（直到变成复数以后——复制繁殖着自己——生命才成其为生命）生命承接着彼此的联系，链接，还有多方共享。“你和我，血脉相同，”诗人莫格利柔声吟咏。蚂蚁，你和我，血脉相同。暴龙，你和我，血脉相同。艾滋病毒，你和我，血脉相同。

生命将自己分散成为显在的众多个体，但这些不过是幻象。“生命[首先]是一种生态属性，而且是稍纵即逝的个体属性。”微生物学家克莱尔·福尔索姆这样写道。克莱尔专爱在瓶子里搞超有机体。我们分布式地生活在同一个生命里。生命是一股变换的洪流，一路注满空容器，满溢出之后再注入更多的容器。无论那些容器的形状和数量如何，都不会对此造成丝毫影响。

生命像一个极端分子，运行起来时狂热而不加节制。它到处渗透，充塞大气，覆盖地表，还巧妙地进入了石床的缝隙，谁也无法拒绝它。如洛夫洛克所言，我们每挖出一块远古岩石，也就同时挖出了保存在那里的远古生命。约翰·冯·诺依曼，用数学术语思考生命，他说：“生命有机体……从任何合理的概率论或热力学理论来看，都属于高度不可能……[但是]倘若因由任何一次概率论无从解释的意外，竟然真的产生了一个生命，那么，就会出现许多生命有机体。”生命一旦形成，便迅速占领地球，征招所有类型的物质——气体、液体、固体，纳入它的体制。“生命是一个行星尺度的现象，”詹姆斯·洛夫洛克说，“一个星球上不可能只有稀疏点点的生命。否则它就会像只有半个身子的动物那样站立不稳。”

如今，整个地球表面覆盖着一层整体生命的薄膜。这个外罩怎么也脱不掉。撕开一个口子，外罩会自行将破处修补。蹂躏它，外罩会因此变得更繁茂。这不是件破衣烂衫，它苍翠华丽，是一件覆盖地球巨大躯体的艳丽长袍。

实际上，它是一件永恒的外套。生命对我们保有一个大秘密，这秘密就是，生命一旦出世，它就是不朽的。一旦发动，它就是不能根除的。

不管环保激进人士怎么说，完全消除地球上的生命洪流都超越了人类的能力。即使是核弹，也无法在整体上令生命停止，说不定，它实际上还能增加非人类的变体。

数十亿年前，生命肯定有过一次跨越不可逆性门槛的行动。我们称之为I点（I是不可逆转或不朽的缩写）。I点之前生命是纤弱的；它面临的是一面陡峭向上的高坡。40亿年前地球上频繁的陨石冲击，强烈的射线，大起大落的温差，给所有半成型、准备复制的复杂体造成了难以置信的恶劣环境。但随后，如洛夫洛克所描绘的，“在地球历史的太古期，气候条件形成了一个恰好适合生命诞生的机遇窗口。生命获得了自我创生的短暂时期。如果它当初失败，也就没有未来的整个生命系统了。”

可是一旦扎下了根，生命就再也不撒手了。并且，一旦越过了I点，生命就不再娇贵脆弱，而会出落得桀骜不驯。单细胞细菌出奇地不屈不挠，它们生存在每一种你想得到的恶劣环境中，包括强辐射地区。将病房里的细菌完全清除？也许只有医院才知道这根本就是天方夜谭。从地球上把生命抹去？哈！做梦吧！

我们必须留意生命永不停歇的本性，它与活系统的复杂性密切相关。我们打算制造类似蝗虫程度的复杂机器，将它们播散到世界中。一旦登场，它们就不会下台。迄今为止，病毒猎手们编写过的数千种

电脑病毒，没有一种灭绝了。据杀毒软件公司说，每星期都有数十种病毒诞生。只要我们还在用电脑，它们就和我们相伴在一起。

之所以无法令生命止步，是因为生命动力的复杂性已经超过了所有已知破坏力的复杂性。生命远比非生命复杂。生命自己就能打理死亡的事宜——掠食者分食被掠食者——由一种生命形式消费掉另一种生命形式在总体上无损整个系统的复杂性，甚至可能增加它的复杂性。

全世界所有的疾病和事故，每天24小时、每星期7天，永不止歇地向人类机体进攻，平均要用621960小时才能杀死一个人类个体（注：即世界人口平均寿命），即以70年全天候的攻击来突破人类生命的防线——不计现代医学的干扰（现代医学既可加速也可延缓生命的死亡，视你所持观点而定）。这种生命的顽强坚持直接源于人体的复杂性。

相比之下，一辆做工精湛的轿车最多开上20万英里就会用坏一个气缸阀门，行驶时间大约是5 000个小时。一台喷气机的涡轮发动机可运转40 000小时。一个没有可动部件的普通灯泡可使用2 000小时。非生命复杂体的寿命比之生命的执著，简直不能相提并论。

哈佛大学医学院的博物馆里，专门用一个陈列柜摆放着“撬棍头骨”。这个头骨被高速飞来的撬棍粗暴地打了一个洞。头骨属于菲尼亚斯·盖吉，他是19世纪一个采石场的工头，在用铁棍将注入孔洞的黑色炸药捣实的时候，炸药爆炸了。铁棍打穿了他的头。他的手下将露在他脑袋外面的铁棍锯断，然后把他送到一个设备极差的医生那里。据认识他的人传说，盖奇此后又活了十三年，功能或多或少还算齐全，只不过变得脾气暴躁。这是可以理解的。但他的身体还能运转。

人少了一个胰脏，缺了一个肾脏，或切了一节小肠，可能不能跑马拉松了，但他们还都能存活。当身体的许多小部件——尤其腺体，

功能降低的时候会引起整体死亡，但这些部件都有厚重的缓冲使其轻易不会破损。的确，避免破损解体是复杂系统主要的属性。

野生状态下的动植物常常在遭受猛烈的暴力或损害后仍能存活。据我所知唯一一次有关野外损害率量度的研究是以巴西蜥蜴为对象，而其结论是有12%的蜥蜴至少缺失了一只爪趾。麋鹿中枪之后仍能存活，海豹被鲨鱼咬过也能痊愈，橡树被砍伐之后还会抽芽。一次实验中一组腹足动物 [23] 被研究人员故意压碎了壳，然后放归野外生活，之后它们活得和未受损的对照组一样长。自然界中，小鱼“鲨口脱险”不算什么，老朽过世若能导致系统崩溃才是英雄壮举。

形成网络的复杂性会逆转事物间通常的可靠性关系。举例来说，现代照相机中的单个开关件可能有90%的可靠性。把数百个开关凑合着连成一个序列，如果不按分布式排列，这数百个开关作为一个整体，其可靠性就会大大降低——就算它们有75%的可靠性吧。而如果连接得当——每一个开关都把信息传给其他开关——比如在先进的小型数码相机中，与直觉相反，照相机整体的可靠性可上升至99%，超出了每个个体部件的可靠性。

但此时照相机有了许多新的由部件组成的子集，每个子集就像是一个部件。这样的虚拟部件越多，部件层面发生不可预知行为的总体可能性就会越大。出错的路径千奇百怪。因此，虽然作为一个整体的照相机的可靠性更高了，但当它出现意外时，就常常是想象不到的意外。老相机容易失灵，也容易修。新相机则会创造性地失灵。

创造性地失灵是活系统的标记。寻死很难，但导致死亡的路却有无数条。1990年，两百多个高薪的工程师紧张工作了两个星期来找出当时全美电话交换网频繁出现各种状况的原因，而正是这些工程师设计和建造了这个系统。问题在于，某种状况可能过去从未出现过，并且可能将来也不再会出现。



每个人的出生情况都大致相同，每一例死亡却不相同。如果验尸官愿意给出精确的死因证明，那么每一例死亡就都是独一无二的。医学觉得一般化的结案和归类更为有益，因此没有记录每一例死亡独有的真正特性。

复杂系统不会轻易死亡。系统的成员与其整体达成了一种交易。部件们说：“我们愿为整体牺牲，因为作为一个整体的我们大于作为个体的我们的总和。”生命与复杂交织。部件会死，但整体永存。当系统自组织成更复杂的整体，它就加强了自己的生命——不是它的生命长度，而是它的生命力度。它拥有了更多生命力。

我们往往将生与死想象成二元性的；一个生物非死即生。但生物体内自组织的子系统使人联想到，有些东西比别的东西更有活力。生物学家林恩·马基莉斯还有其他人指出，甚至单一的细胞也是以复数形式存活的，因为每一个细胞都至少留有细菌的三个退化形式，这是历史性联姻的结果。[\[24\]](#)

“我是所有生命中最有活力的，”俄国诗人塔科夫斯基（电影摄制者之父）聒噪道。这从政治角度来说不对，但有可能是事实。麻雀和马的活力可能没有实质的不同，但马和柳树，病毒和蟋蟀之间的活力就不同了。活系统的复杂性越高，里面栖息的生命力就可能越多。只要宇宙继续变冷，生命就会逐步建立更多奇怪的变体，构筑更加互联的网络。[\[25\]](#)

## 6.6 负熵

我再次登上屋后的山丘，漫步至一小片桉树林，本地的4-H俱乐部[\[26\]](#)曾在这里放养蜜蜂。每日的此时，小树林都在特有的水汽笼罩下

打盹儿；树林所处的面向西方的山丘，挡住了早晨温暖的阳光。

我想象历史开篇时这山谷瘦石嶙峋的贫瘠模样——满山裸露的石英岩和长石，荒凉而闪亮。10亿年倏忽而过。而今，岩石披上了如织的草毯。生命用成片高过我头顶的树木填补了一片小树林的空间。生命正努力填满整个山谷。下个10亿年，它会不断尝试新造型，并在所有能找到的缝隙或空地勃发成长。

在生命出现之前，宇宙中没有复杂的物质。整个宇宙绝对简单，盐、水、元素，乏味之极。有了生命之后，就有了许多复杂物质。根据天体化学家的观点，在生命之外的宇宙中，我们无法找到复杂分子团（或大分子）。生命往往劫持所有它能接触到的物质并把它复杂化。经由某种离奇的术数，生命向这山谷注入的活力越多，它给未来生命创造的空间就越大。最终，这片加利福尼亚北部海岸蜿蜒的小山谷将会变成一整块坚实的生命。如果任它随意飘摇，生命最终会渗透所有物质。

为何从太空看到的地球不是莽莽苍苍？为何生命尚未遍及海洋并充满天空？我相信假使由它自生自灭，地球总有一天会绿成一体。生物体对天空的侵入是相对较近的事件，而且事情还没完结。海洋的完全饱和有待巨藻铺天接地，进化到能抵御风浪的撕扯。但最终，生命将凌驾一切，海洋会变为绿色。

将来某一天，银河系也可能变为绿色。现在不利于生命的那些行星不会永远如此。生命会进化出别的形式，在目前看来并不适宜的环境里繁盛起来。更重要的是，一旦生命的某个变体在某处有了一席之地，生命固有的改造本性就会着手改变环境，直到适合其他物种的生存。

20世纪50年代，物理学家欧文·薛定谔<sup>[27]</sup>将生命活力称为“负熵”，意即与热力学的熵增是反向的<sup>[28]</sup>。20世纪90年代，一个活跃

在美国的科技主义亚文化群体把生命力称作“外熵”[\[29\]](#)。

外熵概念的鼓吹者自称为“外熵族”。基于生命外熵的活力论本质[\[30\]](#)，他们发表了关于生活方式的7点声明。声明第三点是纲领性条文，申明他们“无疆界扩展”的个人信仰——即生命会一直扩张，直至充满整个宇宙。那些不这么认为的人，被他们贴上“死亡主义者”的标签。从他们的宣传来看，这一信条不过是盲目乐观者的自我激励：“我们无所不能！”

但我仍有些固执地把他们的鼓吹当作一个科学主张：生命将会充满宇宙。没有人知道生命所引起的物质扩散的理论极限在哪里，也没有人知道我们的太阳最多能支持多少带有生命印记的物质。

20世纪30年代，俄罗斯地球化学/生物学家沃尔纳德斯基写道：“最大化扩张的属性是活物与生俱来的，就如同热从温度较高的物体传到温度较低的物体，可溶性物质溶入溶剂，以及气体扩散到空间。”沃尔纳德斯基称之为“生命的（物理）压力”，并且以速率来度量这种扩张。他认为大马勃菌的扩张速度是生命中最快的。他说，大马勃菌产生孢子的速率极快，如果能够快速地为其发育提供原料，那么只须繁殖三代，大马勃菌的体积就能超过地球。按照他晦涩难懂的算法，细菌生命力的“传输速度”大约为每小时1000公里。以这样的速度，生命填满宇宙就要不了太久。

当还原至其本质时，生命很像是计算用的函数。与众不同的思想家爱德华·弗雷德金[\[31\]](#)曾在麻省理工大学工作过，他构思出一个异类的理论，说宇宙是一台计算机。不是比喻意义上的电脑，而是说物质和能量也是信息处理的形态，其对信息处理的方式与一台麦金塔电脑里的内部处理方式相同。弗雷德金不认同原子的不可分性，他坦率地说：“世界上最具体的东西就是信息。”在多种计算机算法领域做出过开拓性工作的数学天才斯蒂芬·沃尔夫拉姆[\[32\]](#)对此表示赞同。他是首

批将物质系统视为计算性处理过程的人之一，其后这个观点便在一些物理学家和哲学家的小圈子里盛行起来。根据这个观点，生命达成的极小工作，其物理与热力学性质与计算机中达成的极小工作类似。弗雷德金及其合作者会说，知道了宇宙能够进行的最大的计算量（如果我们将其中的全部物质视作一台计算机），我们就能够知道，在给定我们所看到的物质和能量的分布下，生命是否能够充塞宇宙 [33]。我不知道是否有人做过那个计算。 [34]

认真考虑过生命的最后命运的科学家很少，理论物理学家弗里曼·戴森 [35] 是其中之一。戴森做过粗略的计算，以估计生命和智力活动是否能够存活到宇宙最终完结之时。他的结论是，能。他写道：“我计算的数值结果显示，永久生存和信息交流所需的能量不算很大，这令人惊讶……这强有力地支持了对生命潜力持乐观态度的观点。无论我们向未来走得有多远，总会有新鲜事物发生，有新信息进入，有新世界去开发，有可供不断拓展的生命、意识、知觉和记忆的疆域。”

戴森将这个观念推进到我不敢想象的程度。我操心的只是生命的动力，以及它如何渗透所有的物质，还有为何已知万物没有一个能够阻止它。然而正如生命不可逆转地征服物质，类似生命的，我们称之为心智的更高级的处理能力，也一发不可收地征服了生命，并因而征服了所有物质。戴森在他抒情而又形而上学的书——《全方位的无限》（*Innate in All Directions*）中写道：

在我看来，心智渗透及控制物质的倾向是自然定律……这种渗透深入宇宙，不会被任何灾难或我所能想象的任何藩篱永久阻挡。假如我们这个物种不走在前头，别的物种就会带头，也许已经走在前头了。假如我们这个物种灭绝，其他物种会更聪明更幸运。心智是有耐心的。它在奏响第一阙弦乐四重奏之前，在这个星球上等待了30亿年。或许还需要30亿年它才能遍布整个银河系。我认为不会等这么久。但是如果需要的话，它有此耐心。宇宙就像在我们周边

展开的沃土，准备好等待心智的种子萌芽、生长。或迟或早，心智终将践行传承。当它知会并控制宇宙之后会选择做什么？这个问题我们不能奢望回答。

## 6.7 第四个间断：生成之环

大约一个世纪以前，人们普遍信奉生命是注入活物的一种神秘液体的观点，被精炼为现代哲学所谓的活力论 [36]。活力论与平常的“她失去了生命”这句话意义相差并不远。我们都设想某些不可见的物质会随着死亡而流走。活力论者认真看待这一专属的含义。他们认为，活跃于生物体内的本质灵魂，其自身并不是活体，也不是无生命的物质或者机械。它是某种别的东西：是存在于被它激活的生物体外的原脉动。

我对生命侵略特性的描述并不意味着要将它当变为后现代的活力论。的确，将生命定义为“通过组织各个无生命部分所涌现的特性，但这特性却不能还原为各个组成部分”，（这是科学研究目前能给出的最好定义），这非常接近形而上学的调调，但其目的是可以测试的。

我认为生命是某种非灵性的、接近于数学的特性，可以从对物质的类网络组织中涌现。它有点像概率法则；如果把足够多的部件放到一起，系统就会以平均律展现出某种行为。任何东西，仅需按照一些现在还知道的法则组织起来，就可以导出生命。生命所遵循的那些定律，与光所遵循的那些定律同样严格。

碰巧，这一受自然法则支配的过程给生命披上了件貌似灵性的外衣。第一个原因是，按照自然法则，这种组织必定产生无法预知的、新奇的东西。第二，组织的结果必须寻找各种机会复制自身，这让它有一丝急迫感和欲望。第三，其结果能轻易环接起来保护自身存在，



并因此获得一种自然发生的流程。综合起来，这些原则也许可以称为生命的“涌现性”原理。这一原理是激进的，因为它要求以一种修正的理念看待自然法则的含义：不规则性，循环逻辑，同义重复性，出奇的事物。

活力论，正如历史上每一个错误的观念，也包含了有用的真理片段。20世纪主要的活力论者汉斯·德里施 [37] 在1914年将活力论定义为“关于生命进程自治的理论”。在某些方面他是对的。在我们刚刚萌芽的新观点中，生命可以从活体和机械主体中分离出来，成为一种真实、自治的过程。生命可以作为一种精巧的信息结构（灵性或基因？）从活体中复制出来，注入新的无生命体，不管它们是有机部件还是机器部件。

回顾人类的思想史，我们逐步将各种间断从我们对自己作为人类角色的认知中排除。科学史学家大卫·查奈尔 [38] 在他的著作《活力机器：科技和有机生命研究》中总结了这一进步。

首先，哥白尼 [39] 排除了地球和物理宇宙其他部分之间的间断。接着，达尔文排除了人类和有机世界其他部分之间的间断，最后，弗洛伊德 [40] 排除了自我的理性世界和无意识的非理性世界之间的间断。但是正如历史学家和心理学家布鲁斯·马兹利士 [41] 所指出的，我们依然面对着第四个间断，人类和机器之间的间断。

我们正在跨越这第四个间断。我们不必在生物或机械间选择了，因为区别不再有意义。确实，这个即将到来的世纪（指21世纪）里最有意义的发现一定是对即将融为一体的技术和生命的赞美、探索与开发利用。

生物世界和人造物品世界之间的桥梁是彻底不均衡的永久力量——一条叫作生命的定律。将来，生物和机器将共同拥有的精髓——

将把它们和宇宙中所有其他物质区别开来的精髓——是它们都有自我组织改变的内在动力。

现在，我们可以假定生命是某种处于流变之中的东西，其遵循的规律是人类能够揭示和认知的，即使我们不能完全理解这些规律。在本书中，为探索机器和生物间的共同之处，我提出以下这些问题：生命想要什么？我用同样的方式考虑进化，进化想要什么？或者更精确些，从生命和进化各自利益的角度来讲，它们怎么看待世界？假如我们把生命和进化看作自主自治的过程，那么它们的自私行为指向什么目标？它们要走向何方？它们会变成什么？

格瑞特·埃里克 [\[42\]](#) 在其充满诗意的《蒙大拿空间》（*Montana Spaces*）一书中写道：“野性没有条件，没有确定的路线，没有顶点或目标，所有源头转瞬超越自身，然后放任自流，总在生成当中。靠CT扫描或望远镜无从探究其复杂性，相反，野性的真相有多个侧面，有一种率直的总是出乎意料的本性，就像我脚下的红花菜豆地上连串的野草莓。野性同时既是根源又是结果，就好像每条河流都头尾环绕着，嘴巴吞吃尾巴——吞、吞、吞到源头……”

野性的目的就是它自身。它同时是“根源和结果”，因和果混合在循环逻辑里。埃里克所谓的野性，我叫作活力生命的网络，是一种近似于机械力的流露，其唯一追求就是扩张自己，它把自身的不均衡推及所有物质，在生物和机器体内喷薄汹涌。

埃里克说，野性/生命总在生成当中。生成什么？方生方死，方死方生，生生不息。生命在生命之路上更复杂，更深入，更神奇，更处在生成和改变的过程中。生命是生成的循环，是自身催化的迷局，点火自燃，自我养育更多生命，更多野生，更多“生成力”（*becomingness*）。生命是无条件的，无时无刻不在瞬间生成多于自身之物。



如埃里克所暗指的，狂野的生命很像乌洛波洛斯衔尾蛇，吞掉自己的尾巴，消费自己。事实上，狂野的生命更加奇异，它是一个正在脱出自己肉身的衔尾蛇，吐出不断变得粗大的尾巴，蛇嘴随之不断张大，再生出更大的尾巴，把这种怪异图景溢满宇宙。

---

[1] 驻波：振动频率、振幅和传播速度相同而传播方向相反的两列波叠加时，就产生驻波。比如水波碰到岸边反射回来时，前进和反射波的叠合就产生驻波。驻波形成时，空间各处的介质点或物理量只在原位置附近做振动，波停驻不前，而没有行波的感觉，所以称为驻波。

[2] 斑块 (patch)：这里是生态学术语，指的是外观上与周围地表环境明显不同的非线性区域。其类型分为干扰斑块（由自然的火、雷电、山崩等引起）、残存斑块、环境镶嵌分布斑块和人类活动引起（已经占据主要作用）的斑块等。

[3] 丹·鲍肯 (Dan Botkin)：资深生物学家，理学博士。研究自然、环境和地球生命。研究对象包括北极驼鹿、北冰洋弓头鲸、非洲大象、中北美森林等。参与拯救加州兀鹰、西北太平洋鲑鱼，同时写了大量有关自然、生物的书，对环保事业贡献良多。

[4] 托尼·博格斯 (Tony Burgess)：沙漠/草原生态学博士，任职于亚利桑那州图森的沙漠协调实验室。

[5] 生态渐变群：同一物种的多个种群散布在大片地理区域中。

[6] 生态交错群：两个不同群落交界的区域，亦称生态过渡带。两群落的过渡带有的狭窄，有的宽阔；有的变化突然，有的逐渐过渡或形成镶嵌状。群落交错区的环境特点及其对生物的影响，已成为生态学研究的重要课题。

[7] 罗伯特·梅 (Robert May)：理论生物学家，皇家学会会员，联合王国政府首席科学顾问，皇家学会会长，在悉尼大学、普林斯顿大学、牛津大学、伦敦大学帝国学院等多所大学任教授。

[8] 约翰·劳顿 (John Lawton)：达勒姆大学教授，动物学家。1969年到1999年间任教于达勒姆大学、牛津大学、约克大学、帝国理工学院等多所院校，并在英国全国环境研究会任主席等职。

[9] 约·科恩 (Joel Cohen, 1944.02.10~)：数学生物学家，目前任教于纽约洛克菲勒大学，同时也是哥伦比亚大学地球研究所人口学教授。

[10] 罗蒙·马格列夫 (Ramon Margalef, 1919~2004)：巴塞罗纳大学生物系名誉生态学教授，是西班牙当之无愧的科学巨匠。指导、建立了巴塞罗纳大学生态学系，1967年成为西班牙首位生态学教授。其重要贡献包括将信息理论运用于生态研究，创造了研究人口的数学模式。

[11] 连接性守恒：意指由连接数量和连接强度组成的某种形式的合量保持不变，即连接数量增加时，强度降低；反之亦然。

[12] 顶级群落：群落演替的最终阶段是顶级群落。顶级群落是最稳定的群落阶段，其中各主要种群（如某种阔叶林、松、牧草等）的出生率和死亡率达到平衡，能量的输入和输出以及生产量和消耗量也都达到了平衡。只要气候、地形等条件稳定，不发生意外，顶级群落可以几十年几百年保持稳定而不发生演替。现在地球上的群落大多是在没有人为干扰下经过亿万年的演替而达到的顶级群落。——摘自《普通生物学 - 生命科学通论》，陈阅增。

[13] 北美原种栗树的消失：100年前，美国东海岸还都生长着巨大的美洲栗树。在阿巴拉契山脉，许多山头都是整片的栗树林。人们说，松鼠们只需在栗树的枝头跳跃，就可以轻松地由南方的佐治亚跳到纽约，爪子都不用沾地。100年前，物种交流引起一场大灾难。亚洲移植的栗树携带有一种霉菌，亚洲栗树对这种霉菌有很强的抗病力，美洲栗树对此却毫无抵抗能力。从第一棵树的发病开始，只经历了短短几十年，到20世纪50年代，美国东部地区900万英亩森林中的主要品种——美洲栗树，已经事实上全部灭绝了。直到现在，得到很多民众支持的美洲栗树基金会仍在做着徒劳而不懈的努力。

[14] 身份作坊：物种的身份，即其区别于其他物种的特性，不是特意地、带有预判地创造的，而是通过“彩排……物种彼此尝试演练不同的角色”，进化到某处，自然而然地涌现出来的，因而是漫无目的的、作坊式的、细敲碎打的。

[15] 弗雷德里克·克莱门茨（Frederic Clements, 1874~1945）：美国植物生态学家，植被演替研究的先驱。

[16] 山毛榉-枫树林群落：是北美地区常见的植物顶级群落。

[17] H.A.格利森（H.A. Gleason, 1882~1975）：美国著名生态学家、植物学家及分类学家，以其对个体/开放群落的生态演替概念的支持而著称。

[18] 威廉姆·汉密尔顿（William Hamilton, 1936~2000）：英国进化生物学家，20世纪最伟大的进化理论家。

[19] 霍华德·派蒂（Howard Pattee）：任职于T.J.沃森学校系统科学与工业工程系以及纽约州立大学工程及应用科学系。主要研究包括：复杂系统进化模式，动态系统语言控制及理论生物学。

[20] 罗伯特·洛克利夫（Robert Ricklefs）：美国鸟类学家和生态学家。2006年因其在鸟类学领域的毕生成就而获库珀鸟类学社团罗伊和奥尔登米勒研究奖。

[21] 朱利安·亚当斯（Julian Adams）：理学博士，曾在普洛斯科里普公司、勃林格殷格翰公司担当过多种职务。在勃林格殷格翰公司工作时成功发现了对抗艾滋病的药物Viramune®。

[22] 戴维·艾克利（David Ackley）：卡内基梅隆大学物理学博士。在新墨西哥大学任职之前，他是贝尔通信研究所认知科学研究组的研究员。他的研究兴趣集中在人工生命模型和人工生命实体；目前研究重点包括遗传算法及程序设计，分布式计算和社会性计算，以及计算机安全。

[23] 腹足动物：软体动物门中物种最多的一个纲。蜗牛以及田螺、玉螺、骨螺等等各种各样的海生螺类都属于这个纲。

[24] 细胞的起源：距今39亿年前，古细菌、蓝菌（俗称蓝藻）是地球上最初的生命形式，拥有细胞质、细胞壁、细胞膜，我们称为原核生物，而后的真核细胞拥有细胞核、高尔基体（细胞器）、线粒体、内质网等，进行有丝分裂，是真正的细胞。按照现在普遍接受的内共生理论，线粒体是最初真核生物吞噬细菌后，形成共生关系而进化出来的；同样，叶绿体是真核生物吞噬蓝菌后共生而来的；细胞器也是如此。

[25] 热寂和熵减的关系：本书作者在2008年的一次访谈中说道：“人们都说，没有什么能逃脱冷酷的热力学第二定律，宇宙的最后归宿是一片热死寂。但这不是故事的全部，宇宙在沉寂的同时，也在热闹起来，从旧物中带来新生、增加复杂性的新层次。宇宙充满了无尽的创造力。熵和进化，两者就象两支时间之矢，一头在拖拽着我们退入无穷的黑暗，一头在拉扯着我们走向永恒的光明。”

[26] 4-H：头（Head），心（Heart），手（Hands），健（Health）。4-H Club又作四健会。

[27] 欧文·薛定谔（Erwin Schrödinger）：著名的奥地利理论物理学家，量子力学的重要奠基人之一，同时在固体的比热、统计热力学、原子光谱及镭的放射性等方面的研究都有很大成就。

[28] 负熵（negentropy）：自然万物都趋向从有序到无序，即熵值增加。而生命需要通过不断抵消其生活中产生的正熵，使自己维持在一个稳定而低的熵水平上。生命以负熵为生。——摘自薛定谔著《生命是什么 - 活细胞的物理学观》。

[29] 外熵（extropy）：系1988年1月由汤姆·比尔杜撰，并由马克斯·摩尔定义为“生命系统或有组织系统内的智力、功能秩序、活力、能量、生活、经验以及能力还有改进和成长的动力”。外熵只是一种隐喻，还未成为技术名词，故此，它不是熵的反义（反义词是负熵），尽管也有人考虑将它作为专用反义词。马克斯·摩尔撰写的《外熵的哲理》，其原意旨在阐述其超人主义。

[30] 活力论和还原论：两者的纷争由来已久，鉴于逐渐意识到生命体独特的复杂性和整体性，近年来科学界已不再像过去那样排斥活力论了。

[31] 爱德华·弗雷德金（Ad Fredkin）：曾任麻省理工学院计算机实验室主任，鼓吹“宇宙就是一台电脑”的思想。

[32] 斯蒂芬·沃尔夫拉姆（Stephen Wolfram, 1959.08.29~）：生于伦敦，美国物理学家，数学家，商人。以其在理论粒子物理学、宇宙学、格状自动机、复杂性理论及计算机代数方面的成就著称，是计算机程序Mathematica的创建人。

[33] 宇宙的总质量：有机体的基本构成粒子都来源于宇宙物质，来自恒星和星云。宇宙的粒子总数是一定的，约为 $10^{80}$ ，一个人体约为 $10^{28}$ 。那么，根据维持生命存活所必需的环

境温度、压力、日光等物理变量计算出符合要求的恒星系统的大小、分布和类型以及其所需的基本粒子数量，也许就能推测生命能否奢侈到布满宇宙各个角落。

[34] 关于宇宙所能进行的最大计算量：2000年麻省理工学院的赛斯·劳埃德给出了计算值（本书成书于1994年），他依据光速、普朗克常数、万有引力常数等物理规律，按信息论把所有基本粒子看成可储存并计算0和1的二进制运算单元。根据宇宙所包含的总能量，劳埃德算出宇宙计算机可以执行10<sup>120</sup>次基本运算。而它能存储的信息则大约有10<sup>90</sup>比特。考虑到计算还需要能量和时间，上述数值已按爱因斯坦的质能方程和量子物理理论做了修正。

[35] 弗里曼·戴森（Freeman Dyson，1923.12.15～）：优秀的理论物理学者，早年作为量子电动力学的巨擘，与诺贝尔物理奖擦肩而过。1956年发表的《自旋波》论文被无数次引用，堪称物理学史上的重量级论文之一。戴森称，“自旋波”或许是他一生最重要的贡献。

[36] 活力论的历史：作者在这里的论述不尽符合事实。活力论由来已久，可以追溯到亚里士多德时期。他把生命这种要素区别于水、火、气、土，称为entéléchie（完成）。活力论一直到20世纪仍有其代表人物，其中最后的一位即是文中所提到的胚胎学家汉斯·德里施。但是到了20世纪二三十年代，生物学家几乎普遍地否定了活力论。这是因为自牛顿、笛卡儿以来的自然科学的发展，物理定律、化学热力学定律的大批发现，使得朴素唯物主义的机械论、还原论占了上风。近二三十年来，随着学界对生命独特的复杂性和整体性的重新认识，以及建立在分子生物学上的实验生命科学飞速进步，人们不再由于害怕活力论无法实证研究而排斥它，而是视之大有可为。

[37] 汉斯·德里施（Hans Driesch，1867.10.28～1941.04.16）：德国生物学家、哲学家。以其早期胚胎学实验性研究以及实体新活力哲学著称。

[38] 大卫·查奈尔（David Channell）：科学技术史博士，主要研究伦理学。

[39] 哥白尼（Copernicus，1473～1543）：波兰天文学家，现代天文学创始人。创立日心说，推翻了托勒密的地心说，使自然科学开始从神学中解放出来，著有《天体运行论》。

[40] 弗洛伊德（Freud，1856～1939）：奥地利神经学家、精神病医学家、精神分析的创始人。提出潜意识理论，认为性本能冲动是行为基本原因，主要著作有《释梦》、《精神分析引论》等。

[41] 布鲁斯·马兹利士（Bruce Mazlish）：麻省理工学院名誉历史学教授。

[42] 格瑞特·埃里克（Gretel Ehrlich）：1978年开始写作，最有影响的著作是1984年由维京企鹅出版社出版的《旷野的慰藉》（The Solace OF Open Spaces），美国艺术及读书协会因此给她颁发了哈罗德·D.沃尔肖卓越散文奖。

## 第七章 控制的兴起

### 7.1 古希腊的第一个人工自我

像大多数发明一样，自动控制的发明也可以溯源到中国古代。在一片风尘滚滚的平原上，一个身穿长袍的小木人站在一根短柱上，身子摇摇晃晃。柱子立在一对转动的车轮之间，拉车的是两匹套着青铜挽具的红马。

这具人像身着9世纪飘逸的中式长袍，一只手指向远方。当马车在草原上驰骋的时候，连接两个木头轮子的齿轮吱呀作响；在这些齿轮的神奇作用下，柱子上的小木人总是坚定、准确无误地指向南方。当马车左转或右转的时候，带有联动齿轮的轮子就根据变化做出反向修正以抵消车子位移，确保木人的手臂永远指向南方。凭借坚定的意志，木人自动地追寻着南方，永不知倦。它为王师指路，保证整个队伍不在古代中国的荒郊野岭中迷失。

中世纪中国的发明天才们心思真是活络阿！居住在中国西南惠水河汉的农民们，想在围炉宴饮时控制酒量，就发明了一个小装置，通过它的自行调节来控制住心中对酒的躁动渴望。宋代的周去非便在他云游溪峒的游记中记述过这种颇具酒趣的吸管。吸管以竹制成，长约一寸半，可自控酒量，牛饮小啜各得其乐。一条银质“小鱼”浮动其中，饮者或许已经酩酊大醉，无力啜饮，那么吸管里的金属鱼就会自动下沉，限制住梅子酒的暖流，宣告他的狂欢之夜已然结束；如果饮



者吸饮过猛，同样不会喝到什么，因为浮标会借助吸力上升，堵住吸管。只有不疾不徐，平稳啜饮，才能享受到酒精带来的乐趣。<sup>[1]</sup>

不过，细考起来，无论是指南车还是酒吸管都不是现代意义上真正的自动（即自我控制）装置。这两个装置只是以一种最微妙、最隐晦的方式告诉它们的人类主人，要想保持原来的行为状态就得做出调整，而改变行进方向或肺部力量这类事情则被交给了人类。按照现代思维的术语来说，人类是回路的一部分。要成为真正的自动装置，指向南方的木头人就应该自己改变车的行驶方向让它成为指南车。至少它的手指尖得挂一根胡萝卜，挑逗马（现在马在这个回路里了）跟着前进。同样地，不管人使多大的劲来嘬，酒吸管也都应当能自行调节酒的流量。不过，虽然算不上自动，指南车却使用了差速齿轮，这可是现代汽车的变速器在一千多年前的老祖宗，也是在磁力指南针无用武之力的武装坦克上辅助驾驶员的现代自瞄准火炮的早期原型。从这个意义上说，这些机巧的装置其实是自动化谱系上一些奇妙的流产儿。事实上，最早的、真正意义上的自动装置要比这还早一千年就出现了。

克特西比乌斯<sup>[2]</sup>是公元前3世纪中叶生活在亚历山大港的一位理发师。他痴迷于机械装置，而且在这方面也颇有天分。他最终成为托勒密二世<sup>[3]</sup>治下的一名机器工匠，正儿八经地制造起人工物品来。据说，是他发明了泵、水压控制的管风琴和好几种弩炮，还有传奇的水钟。当时，克特西比乌斯作为发明家的名气，堪与传奇的工程学大师阿基米德<sup>[4]</sup>相媲美。而今天，克特西比乌斯被认作是第一个真正自动装置的发明人。

当时而论，克特西比乌斯的钟可谓非常准确，因为它能自行调节供水量。在那之前，绝大多数水钟的弱点在于推动整个驱动装置的存水器在放空的过程中，水流的速度会逐渐减慢（因为水越少、越浅，水的压力就越小），因此也就减慢了钟的运行速度。克特西比乌斯发

明了一种调节阀，解决了这个积年难题。调节阀内有一个圆锥形的浮子，浮子的尖端向上戳入一个与之配套的、倒转的漏斗中。水从调节阀中的漏斗柄处出来，漫过浮子，进入浮子漂浮的杯中。这时，浮子会浮起来进入倒扣的漏斗将水道收窄，以此限制水的流量。当水变少的时候，浮子又会往下沉，重新打开通道，让更多的水流入。换句话说，这个调节阀能够实时地找到恰当的位置让“刚刚好”的水通过，使计量阀容器中的流量保持恒定。

克特西比乌斯的这个调节阀是有史以来第一个可以自我调节、自我管理以及自我控制的非生命物体。从这个意义上说，它也就变成了第一个在生物学范畴之外诞生出来的自我。这是一个真正自动的物体——从内部产生控制。而我们现在之所以把它看成是自动装置的鼻祖，是因为它令机器第一次能够像生物一般呼吸。

而我们之所以说它确实有一个自我，是因为它置换出的东西。一股能够持续不断地、自动地进行自我调节的水流，转换成了一座能够不断进行自我调节的时钟，这样一来，国王就不再需要仆人来照顾这座水钟的水箱。从这个角度来说，“自动的自我”挤出了人类的自我。有史以来第一次，自动化取代了人类的工作。

克特西比乌斯的发明是20世纪全美国风行的装置——抽水马桶的近亲。读者们可以看出克特西比乌斯的浮阀实际上是陶瓷马桶上半部分箱体中浮球的祖先。在冲水之后，浮球会随着水位的降低而下沉，并利用其金属臂拉开水阀。放进来的水会再次充满水箱，成功地抬起浮球，以便它的金属臂在水位精确地达到“满”的位置时切断水流。从中世纪的角度看，这个马桶通过自动起落的方法来保证自己水量充足。这样，我们就在抽水马桶的箱体内看到了所有自治机械造物的原型。



大约在一个世纪之后，同样生活在亚历山大港的海伦 [5] 琢磨出了很多种不同的自动浮力装置。在现代人的眼里，这些装置就像一系列严重弯折曲绕的厕所用具。而事实上，它们却是用于派对的精巧分酒器。比如说那个“喝不净的高脚杯”，这东西能够不断地通过它底部的一个管子给自己续杯，让杯子里的酒保持在一个恒定的水平。海伦写了一本百科全书巨著《气体力学》（*e Pneumaticaa*），里面塞满了他的各种发明。那些发明，即使以今天的标准来看依然显得不可思议。这本书在古代世界中曾经被广泛地翻译和复制，产生了无法估量的影响。事实上，在之后的两千年里（也就是说延续到18世纪的机械时代），没有一种反馈系统不是以海伦的发明为鼻祖的。

其中有一个特例，那是17世纪的一位名叫科内利斯·德雷贝尔 [6] 的荷兰人想出来的。此人集炼金术士、透镜研磨匠、纵火狂和潜艇癖于一身。（他曾经做出不止一艘能潜到1600米以下的潜水艇！）正是德雷贝尔在胡乱地以各种手段提炼金子的时候，发明了恒温器。这个恒温器是另一个影响全世界的反馈系统的范例。作为一个炼金术士，德雷贝尔当时怀疑实验室里的铅之所以变不成金子，可能是因为加热元素的热源温度波动太大的缘故。所以在17世纪20年代，他自己拼凑了一个可以对炼金原材料进行长时间适温加热的迷你熔炉，就仿佛地底深处那些界定了冥府的含金石经受灼烧熔解的情形。德雷贝尔在小炉子的一边连接了一个钢笔大小的玻璃试管，里面装满了酒精。受热之后，液体就会膨胀，于是把水银推入与之相连的第二个试管，而水银又推动一根制动杆，制动杆则会关闭这个炉子的风口。显然，炉子越热，风口被关得更久，火也就越小。冷却了的试管会使制动杆回缩，从而打开风口让火变大。在乡下使用的那种普通的家用恒温器，跟德雷贝尔的这个装置的道理一样，目的都是要保持一个恒定的温度。不幸的是，德雷贝尔的这个自动炉并没炼出金子来，而德雷贝尔也从来没有向世人公开过这个设计，结果他的自动化发明消失得无声

无息，没有造成任何影响。一百多年之后，才有一个法国的乡绅重新发现了他的设计，做了一个恒温器用于孵化鸡蛋。

詹姆斯·瓦特 [7]，这位顶着蒸汽机发明者头衔的人，运气就没有这么背了。事实上，早在瓦特能够看到蒸汽机之前几十年，有效运转的蒸汽机就已经在工作了。有一次有人请年轻的工程师瓦特修理一台无法正常工作的、早期的小型纽科门 [8] 蒸汽机。这台拙劣的蒸汽机弄得瓦特颇为沮丧，于是他开始着手对它进行改进。大约在美国革命发生的时候，他给当时的蒸汽机增加了两样东西，一样是改良性的，另一样是革命性的。他该项关键的改良性创新是把加热室和冷却室分开，这样一来，他的蒸汽机的功效变得极其强大。如此强大的功效需要他增加一个速度调节器来缓和这种新释放的机械力。跟往常一样，瓦特把目光转向了那些已经存在的技术。托马斯·米德 [9] 既是机器匠，也是磨坊主。他曾经为磨坊发明过一个笨拙的离心调节器，只有在磨石速度足够快的时候才把磨石降到谷粒上。它调节的是石磨的输出功率，而不是磨石的动力。

瓦特琢磨出了一项根本性的改进。他借鉴了米德的磨坊调节器，把它改良成一个纯粹的控制回路。采用这种新的调节器，他的蒸汽机就自己掐住了自己动力的喉咙。他这个完全现代的调节阀。可以自动让当时变得颇为暴躁的马达稳定在某个由操作者选定的恒定速度上。通过调整调速器，瓦特就能够任意改变蒸汽机的转速。这就带来了革命。

和海伦的浮子以及德雷贝尔的恒温器一样，瓦特的这个离心调速器在其反馈中也同样是透明的。两个铅球，分别装在一个硬摆杆的两端，挂在一根柱子上。柱子旋转的时候，这两个球也会转起来，这个系统转得越快，它们飞得越高。与旋转的摆成剪状交叉的联动装置把柱子上的滑动套筒顶起，扳动一个阀门，一个通过对蒸汽进行调整从而控制旋转速度的阀门。球转得越高，这些连动装置关闭的阀门越

多，降低旋转速度，直到达到某个回转速度（以及旋转中的球的高度）的均衡点。这种控制跟物理学本身一样可靠。

旋转其实是自然界里一种陌生的力量。不过，对于机器来说，它就是血液。在生物学中，唯一已知的轴承存在于精子那转动着的鞭毛螺旋桨的连接处。事实上，除了这个微型马达之外，所有带着基因的东西都不会有转轴和轮子这些东西。可是，对于那些没有基因的机器来说，旋转的轮子和转动的轴承，却是它们生存的理由。瓦特所给予这些机器的，是那种让它们能够对自身的革命形成控制的秘笈，而这，恰恰就是瓦特的革命。他的发明广泛而迅速地传播开来。也正是因为他的发明，工业时代的工厂才能够以蒸汽作为动力，引擎才能够规规矩矩地进行自我调节，而所采用的，恰恰是这种万能式的自我控制：瓦特的飞球调控器。自供应的蒸汽动力催生了机器厂，机器厂生产出新型的发动机，新型发动机催生了新型的机床。它们都有自我调节装置，给滚雪球式的优势累积法则提供着动力。工厂里每一个可见的工人，都被上千个不可见的调控装置所围绕。今天，一个现代工厂里同时工作的可能有成千上万的隐蔽的调节装置。而它们的工作伙伴，可能就只有一个人。

瓦特获取了蒸汽在膨胀时如同火山般爆烈的力量，然后用信息来驯服它。他的飞球调控器是一种原汁原味的信息控制，是最初出现的非生物的控制回路之一。一辆汽车和一个爆炸的汽油罐之间的区别就在于，汽车的信息——也就是它的设计——驯服了汽油那种残暴粗野的能量。暴乱中燃烧的汽车与印地500车赛中超速行驶的赛车的能量与器质相当。而赛车的系统受到临界量的信息控制，从而驯服了喷火的巨龙。一点点的自我认知，就可以把火所带有的全部热量和野性驯化得服服帖帖。人们驯服狂暴的能量，把它从荒蛮之中引入自家后院、地下室、厨房乃至在客厅，服务于我。

要是没有那个安安分分转动着的调控器所构成的主控回路，蒸汽机根本就是不可想象的装置。没有那个自我作为它小小的心脏，它会直接炸毁在它的发明者面前。蒸汽机所释放出的巨大能量，不仅取代了奴隶，还引发了工业革命。然而转瞬间，一场更为重要的革命随之悄然而至。要不是有迅速推广开来的自动反馈系统所引起的信息革命与之并行（虽然难以发现），工业革命也就不成其为革命了。如果如瓦特蒸汽机一般的火力机械缺失了自我控制系统，那么所有被这种机器解放出来的劳动力，就又都会束缚在照看燃料的工作上。所以说是信息，而不是煤炭，使机器的力量变得有用，进而予取予求。

因此，工业革命，并不是为更加复杂周密的信息革命做出准备的原始孵化平台。相反，自动马力本身就是知识革命的第一阶段。把世界拖入信息时代的，是那些粗糙的蒸汽机，而不是那些微小的芯片。

## 7.2 机械自我的成熟

海伦的调节器、德雷贝尔的恒温器，还有瓦特的调控装置为自己的脉管注入了自我控制、感知意识以及渴望的觉醒。调节系统感知自身的属性，关注自己是否发生了与上一次查看时不同的某些变化。如果有变化，就按既定目标调整自身。在恒温器这个特定的例子中，装了酒精的试管侦测系统的温度，之后决定是否应当采取行动调整火力，以保持系统的既定温度目标。从哲学的角度来说，这个系统是有目的的。

尽管这一点对于现在的人来说也许是显而易见的，但是，即使把最简单的自动电路，比如说反馈回路，移植到电子领域中，也花了世界上最优秀的发明家很长的时间。之所以会如此拖延，是因为电流从被发现的那一刻起，就首先被看成是能量而不是通信工具。事实上，在上个世纪（19世纪），德国顶尖的电子工程师们就已经意识到电的

本性其实是两面的，而这一崭露头角的差别意识，就是把相关电的技术分成强电和弱电两种。因为，发送一个信号所需的能量小得令人不敢相信，以至于电必须被想象成某种完全不同于能量的东西。对于那批狂野的德国信号学家来说，电与说话的嘴以及写字的手是兄弟，功用相同。这些弱电技术的发明者（我们现在要称其为黑客了）带给我们的，也许是史无前例的发明——电报。正是因为有了这项发明，人类之间的沟通，才能通过像闪电一样的不可见粒子载体飞速地传播。而正是因为有了电这个令人惊叹的奇迹的后代——弱电，才有了我们对整个社会的重新构想。

尽管这些电报员们牢记着弱电模型，并且实现了精妙的改革创新，但是直到1929年8月，贝尔实验室的电话工程师布莱克<sup>[10]</sup>才调校出一条电子反馈回路。布莱克当时正在努力为长途电话线路寻找一种能够制造持久耐用的线路中继放大器的方法。早期的放大器，是用天然材料制成，而这种未经加工的材料往往会在使用的过程中逐渐分解，导致电流的流失。一个老化的中继器不单会把电话信号加以放大，还会错误地把任意拾得的各种频率的细微偏差与电话信号相混合，直到这些不断膨胀的错误充满整个系统，将系统彻底摧毁。所以，这里就需要某种类似于海伦的调节装置的东西，能够产生约束主信号的反向信号，缓冲不断重复的循环所带来的影响。幸好布莱克设计出了一个负反馈回路，它的作用就是用来抵消放大器的正回路所产生的滚雪球效应。单从概念上来看，这个电学负反馈回路，和抽水马桶的冲水系统或者恒温器的作用是完全一样的。这个起着刹车作用的电路，能够让放大器在不断的微调中保持在稳定的放大状态上，而其原理，跟恒温器能够通过不断的微调保持在特定温度上是一样的。只不过，恒温器用的是一个金属制动杆，而放大器用的则是一些可以自我交流的弱电子流。于是，在电话交换网络的通道里，第一个电学意义上的自我诞生了。



自第一次世界大战开始至战后，炮弹发射装置变得越来越复杂，而与此同时，那些移动着的预攻击目标也变得越来越精细，弹道轨迹的计算考验着人类的才智。在战斗的间隙，被称为计算员的演算人员要计算在各种风力、天气和海拔条件下那些巨炮的各种参数设置。而计算出来的结果，有时会印在一些口袋大小的表格上，便于前线的火炮手使用；或者，如果时间来得及，而且是通用火炮，这些表格就会被编码输入火炮装置，也就是通常所说的自动操作装置。在美国，与火炮演算有关的种种活动，都集中在海军位于马里兰州的阿伯丁试验场 [\[11\]](#)，在那个地方，房间里挤满了人类计算员（几乎全都是女性），使用手摇计算机来演算表格。

到了第二次世界大战，德国飞机——大炮竭力要攻打下来的东西——几乎飞得和炮弹一样快。于是就需要速度更快的即时演算。最理想的形式就是火炮在新发明的雷达扫描装置测出飞行中的飞机数据时即行引发。此外，海军的炮手有一个很关键的问题：即如何根据新射击表提供的精确数据转动这些怪物并使之对准目标。办法近在眼前，就在舰尾：一艘巨舰，是通过某种特殊的自动反馈回路，即伺服机制来控制它的方向舵的。

伺服机制 [\[12\]](#) 是一个美国人和一个法国人在相隔大洋的情况下，于1860年左右同时独自发明出来的。法国人里昂·法尔科 [\[13\]](#) 为这个装置取了一个很拗口的名字：伺服电动机。由于船只随着时间的推移发展得更大、更快，人类作用于舵柄的力量已经不足以抵抗水下涌动的水流了。海军的技术人员想出了各种油液压系统来放大作用在舵柄上的力量，这样只要轻轻地摇动船长舵仓内的小型舵杆，就可以对巨大的船舵产生些许影响。根据不同的船速、吃水线和其他类似的因素，对小舵杆所做的反复摇动，反映到船舵那里就表现为大小不同的舵效。法尔科发明了一个连通装置，把水下大舵的位置，和能够轻松操纵的小舵杆的位置联系到一起——也就是一个自动反馈回路！这样一来，舵杆就能够指示出大舵的实际位置，并且通过这个回路，移动舵



杆这个指示器，也就是在移动大舵这个实体。用计算机领域的行话来说，这就是所谓的所见即所得！

二战时期的重型火炮的炮管，也是这么操作的。装着液压油的液压管把一个小的转动杠杆（小舵杆）连接到炮管转向装置的活塞。当操炮手把杠杆移动到预计的位置时，这一小小的转动，就会挤压一个小活塞，使得阀门打开，释放液压油去顶起一个大活塞，进而摆动巨大沉重的火炮炮管。反过来，当炮管摆动的时候，它又会推动一个小活塞，而这个小活塞则会引动那个手动的杠杆。所以，当炮手试图去转动那个小舵杆的时候，他也会感觉到某种温和的抗力，这种抗力，就是由他想移动的那个舵杆的反馈产生的。

那时的比尔·鲍尔斯 [\[14\]](#) 还是个年轻的电子技师助手，责任是操纵海军自动火炮。后来他通过研究控制系统来探求生物的奥秘。他这样描述普通人通过阅读了解伺服机制时可能产生的错误印象：

我们说话或写作的手法，往往把整个行为伸展开来，使之看来好像是一系列截然分开事件。如果你试图去描述火炮瞄准的伺服机制是如何工作的，你可能会这样开头：“假设我把炮管下压产生了一个位差。那么这个位差就会使伺服电动机生成一个对抗下压的力，下压力越大，对抗的力也就越大。”这种描述似乎足够清晰了，但它却根本不符合实情。如果你真的做了这个演示，你会这样说：“假设我把炮管下压，产生了一个位差……等一下，它卡住了。”

不，它没有卡住。恰恰相反，它是一个优良的控制系統。当你开始向下压的时候，作用于炮管感应位置的微小偏移，使得伺服电动机转动炮管向上来对抗你下压的力量。而产生一个和你的下压力相等的抗力所需的偏移量非常之小，小到你根本看不到也感觉不到。这样一来，炮管在你感觉中僵硬得像是被浇铸在水泥里面一样。因为它重达200吨，所以让人感觉它跟那些老式的机器一样是

不能移动的；但是，如果有人把电源切断，炮管会立刻砸到甲板上。

伺服机制给转向装置添加了如此神秘巧妙的助力，以至于我们现在（采用升级版的技术）还在利用它来为船只导航，控制飞机的副翼，或者摆弄那些处理有毒或者放射性废料的遥控机械臂的手指。

比起其他那些纯机械的自我，比如海伦的阀门、瓦特的调控装置以及德雷贝尔的恒温器，法尔科的伺服机制更进一步，它向我们开启了另一种可能性的大门：人机共栖的可能性——融合两个世界的可能性。驾驶员与伺服机制相融合。他获得了力量，它获得了实体。他们共同掌舵。控制与共栖——伺服机制的这两个方面激发了现代科学中某个更富色彩的人物的灵感，让他发现了能够把这些控制回路联结在一起的模式。

## 7.3 抽水马桶：套套逻辑的原型 [\[15\]](#)

为炮制更为精确的射击表，一战时期征召了一批人力计算实验室的数学家去阿伯丁试验场，而在这批被征召的数学家中，没有几个人像列兵诺伯特·维纳那样拥有远超水准的资质。这位曾经的数学神童具有一种异端的天赋。

在古代人的眼里，天才应该是某种被赐予而不是被创造出来的东西。但是，世纪之交的美国，却是成功地颠覆传统智慧的地方。诺伯特·维纳的父亲列奥·维纳 [\[16\]](#) 到美洲来是为了创办一个素食主义者的团体。结果他却被另外一些非传统的难题弄得头疼，比如说对神的改良。1895年，身为哈佛大学的斯拉夫语教授的列奥·维纳决定：他的头生子要成为一个天才。是刻意制造的天才，不是天生的天才。

因此，诺伯特·维纳肩负着很高的期望降生了。他3岁即学会阅读，18岁获得哈佛的博士学位。到了19岁，他开始跟随罗素 [17] 学习元数学。

30岁的时候，他已经是麻省理工的数学教授和一个彻头彻尾的怪物了。身材矮小，体魄健壮，八字脚，留着山羊胡，还叼着一支雪茄，蹒跚而行，就像一只聪明的鸭子。他有一项传奇式的本领，就是在熟睡中学习。不止一个目击证人说过这样的事情：维纳在会议进行中睡着了，然后在什么人提到他的名字的时候突然醒来，并且对他在打盹的时候错过的那些交谈发表评论，还常常提出一些具有穿透力的见解把其他人弄得目瞪口呆。

1948年，他出版了一本为非专业人士写的有关机器学习的哲理和可行性的书。（因为各种间接的原因）这本书最初由一个法国出版社出版，而在最初6个月中，这本书在美国印了4版，在头十年中卖出了2.1万册——在当时是最畅销的书。它的成功，可以与同年发行的以性行为为研究主题的《金赛报告》（*a Kinsey Report*）相提并论。《商业周刊》的记者于1949年写下如此的评论：“从某个方面来说，维纳的书和《金赛报告》类似：公众对它的反应和书本身的内容同样是意义重大的。”

尽管能够理解这本书的人不多，但是维纳那些发聋振聩的理念，还是进入了公众的头脑之中。原因就在于他为他的观点以及他的书起了那个奇妙的、富有色彩的名字：控制论 [18]。正如很多作家指出的，控制论这个词来源于希腊文中的“舵手”——掌控船只的人。维纳在二战时期研究过伺服系统，被它那种能够给各种类型的转向装置提供辅助的神秘能力所震撼。不过，人们通常不会提及，在古希腊语中，这个词也被用来指国家的治理者。据柏拉图 [19] 说，苏格拉底 [20] 曾经说过：“舵手/治理者能够在重大的危险中拯救我们的灵魂，拯救我们的身体，拯救我们所拥有的物质财富。”这个说法，同时指向

该词两种不同的含义。所谓治理（对希腊人来说，指的是自我治理），就是通过对抗混乱而产生出秩序。同样的，人也需要掌控船只以避免沉没。而这个希腊词被拉丁语误用为kubernetes之后，就派生出了governor（治理者、调控者），瓦特就用它来标记他那个起控制作用的飞球调节器。

对于说法语的人来说，这个具管理意味的词还有更早的前身。维纳所不知道的是，他并不是第一个重新赋予这个词鲜活意义的现代科学家。在1830年左右，法国物理学家安培<sup>[21]</sup>（安培，我们用来衡量电量的那个单位安培，以及简写“安”，就是随了他的名字）遵循法国大科学家的传统做法，为人类知识设计了一个精细的分类系统。其中，安培定义了一个分支学科叫作“理解科学”<sup>[22]</sup>，而政治学是这个分支下面的一个子学科。在政治学中，在外交这个亚属的下面，安培列入了控制论学科，即关于治理的学说。

不过，维纳意念中的定义更为明确。他在那本书的标题中就显眼地表述了这个定义：《控制论：关于在动物和机器中控制和通讯的科学》（*Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*）。随着维纳关于控制论的概略想法逐渐为后来的计算机具体化，又由后来的理论家加以补充丰富，控制论渐渐地具有了安培所说的治理的意味，不过除去了政治的意味。

维纳的书所产生的效果，就是使反馈的观念几乎渗透了技术文化的各个方面。尽管在某些特殊情况下，这个核心观念不仅老旧而且平常，但维纳给它安上了腿脚，把它公理化：逼真的自我控制不过是一项简单的技术活儿。当反馈控制的观念跟电子电路的灵活性完美组合之后，它们就结合成一件任何人都可以使用的工具。就在《控制论》出版的一两年间，电子控制电路就掀起了工业领域的一次革命。

在商品生产中使用自动控制所产生的雪崩效应，并不都是那么明显。在车间，自动控制不负期望，具有如前面所提及的驯服高能源的能力。同时，生产的总体速度，也因为自动控制天生的连续性得到了提高。不过，相比起自我控制回路所产生的出人意料的奇迹，即它们从粗中选精的能力，这些都是相对次要的了。

为了说明如何通过基本的回路从不精确的部件中产生出精确性，我沿用了法国作家皮埃尔·拉蒂尔 [23] 1956年的著作《用机器进行思考》（*inking by Machinee*）中提出的示例。在1948年以前，钢铁行业中的一代又一代技术人员想要生产出厚度统一的薄板，却都失败了。他们发现，影响轧钢机轧出的钢板厚度的因素不下六七个——比如轧辊的速度、钢铁的温度以及对钢板的牵引力。他们花费了很多年的时间不遗余力地一项项调整，然后又花了更多的时间进行同步协调，却没有任何效果。控制住一个因素会不经意地影响到其他因素。减慢速度会升高温度；降低温度会增加拉力；增加拉力又降低了速度，等等。所有的因素都在相互影响。整个控制进程处在一个相互依赖的网络的包围之中。因此当轧出的钢板太厚或者太薄的时候，要想在6个相互关联的疑犯中追查到那个祸首，简直就是在耗费力气。在维纳那本《控制论》提出他那睿智的通用化思想之前，问题就卡在那儿了。而书出版之后，全世界的工程师就立刻把握住了其中的关键思想，其后的一两年里，他们纷纷在各自的工厂里安装了电子反馈设施。

实施过程中，以一个厚薄规测量新轧出的金属板的厚度（输出），然后把这个信号传送回控制拉力变量的伺服电动机上，这信号在钢材进入轧辊之前，一直维持它对钢材的影响。凭着这样一个简单的单回路，就理顺了整个过程。因为所有的因素都是相互关联的，所以只要你控制住其中一个对产品的厚度直接起作用的因素，那么你就等于间接地控制住了所有的因素。不管出现偏差的倾向来自不平整的金属原料、磨损的轧辊，或是不当的高温，其影响都不太重要。重要的是这个自动回路要进行调节，使最后一个变量弥补其他变量。如果



有足够的余地（确实有）调节拉力，来弥补过厚或热处理不当的金属原材料以及因为轧辊混入了铁屑而导致的偏差，那么最终出来的将会是厚度均匀的钢板。尽管每个因素都会干扰其他因素，但由于这种回路具有连续性和几乎瞬间响应的特性，因此仍然可以把这些因素间的那个深不可测的关系网络引向一个稳定的目标，即稳定的厚度。

工程师们发现的这个控制论原理是个一般性的原理：如果所有的变量都是紧密相关的，而且如果你真正能够最大限度地控制其中的一个变量，那么你就可以间接地控制其他所有变量。这个原理的依据是系统的整体性。正如拉蒂尔所写的：“调节器关注的不是原因；它的工作是侦测波动并修正它。误差可能来自某种因素，其影响迄今仍然无从知晓，又可能来自某种业已存在，而从来没有受到过怀疑的因素。”系统怎样、何时达成一致性，超出了人类知识范围，更重要的是，也没有知道的必要。

拉蒂尔说，颇具讽刺意味的是，这一突破性进展——这个反馈回路——从技术上说其实颇为简单，而且“如果以一种更为开放的心态去处理的话，它本可以提前15年或者20年就被引进来……”而更具讽刺意味的是，其实采纳这种观念的开放的心态，20年前就已在经济学圈子里建立起来了。弗里德里克·哈耶克 [24] 以及具有影响力的奥地利经济学学院派已经剖析过那种在复杂网络中追踪反馈路径的企图，结果认为这种努力属于徒劳。他们的论证当时被称为“计算论证” [25]。在一种指令性经济体制中，比如当时还处在胚胎状态的由列宁在俄罗斯建立起来的那种自上而下的经济体制，是通过计算、权衡和沟通管道的控制来分配资源的。而对一个经济体中的分布节点间的多重反馈因素进行计算，哪怕是控制不那么强的计算，和工程师在钢铁厂中追踪那些狡猾的、相互关联的因素一样，是不可能成功的。在一个摇摆不定的经济体中，要想对资源分配进行计算是不可能的。相反，哈耶克和其他的奥地利学派的经济学家在20世纪20年代论证说，一个单一的变量——价格——可以用来对其他所有资源分配变量进行调节。按照这



种学说，人们就不用在意到底每个人需要多少块香皂，也不用在意是不是应该为了房子或者书本去砍伐树木。这些计算是并行的，是在行进中进行的，是由下而上、脱离了人的控制、由相互联结的网络自主自发的。秩序会自发形成。

这种自动控制（或者人类控制缺失）的结果，就是工程师们始终绷紧的神经终于可以放松下来，不再操心原材料的规格统一、工序的完美调节。于是他们可以使用不完美的原料和不精准的工序开工了。让自动化流程所具有的自我修正的特性去进行最优化、从而只放行高质量的产品吧。或者，投入品质划一的原料，将反馈回路设置到一个更高的质量水准，给下一道工序提供精度更高的精品。同一理念也可以上溯运用到原材料供应商那里，他们也可以使用类似的自动回路来挑选更高品质的产品。如果这一理念贯通了整个产业链的上下游，那么自动化的自我就会在一夜之间变成一部品质管理机器，而原来总是操持要提高精度的人类就可以不费吹灰之力地从物质中获得了。

以利·惠特尼 [\[26\]](#) 的可互换的标准件以及福特的流水线理念的引入，已经让生产方式发生了根本性的变化。但是，这些改进需要大规模地更新设备、投入资金，而且也不是处处都适用。另一方面，家用的自动电路——这种价格便宜得可疑的辅助设施，却能够被移植到几乎所有业有专属的机器上。就好像一只丑小鸭，经过印制，一下就变成了优雅的鹅，而且还下金蛋。

不过，不是每一种自动电路都能产生比尔·鲍尔斯的炮管所拥有的铁定会产生的即时性。在一个串接的回路串中，每增加一个回路，都加大了一种可能：即在这个变得更大的回路中漫游的信号，当回到其起点的时候，却发现事情早在它还在回路中游荡的时候就已经发生了根本性的改变。特别是那些环境快速变动中的大型网络，遍历整个线路所需的那几分之一秒，都可能要大于环境发生变化所需要的时间。而作为回应，最后一个节点倾向于发出更大的修正作为补偿。可是，

这样一种补偿性的指令，同样会因为所需穿越的节点太多而被延迟，于是它抵达时也错过了移动标记，就又产生了一个无缘无故的修正。这就跟新手开车总是开出之字形道理一样，因为每次对方向的修正，总是会矫枉过正，超过上一次的过度反应。这种情况会一直延续下去，直到新手学会收紧整个反馈回路，让它作出更小、更快的反应，否则他一定会不由自主地（徒劳地）在高速路上改变方向寻找中线。这也是简单的自动线路为什么会消亡的原因。它往往会进入“大摆”或者“频跳”的状态，也就是说，神经质地从一个过度反应摆荡到下一个过度反应，努力寻求安稳。对付这种过度补偿的倾向，办法有一千种，每个办法都有上千种已经发明出来的更先进的电路实现。在过去的40年间，控制理论学位的工程师们写了装满一个书架又一个书架的论文来交流刚刚发现的震荡反馈问题的最新解决方案。幸运的是，反馈回路是可以被整合进有用的配置之中的。

让我们以抽水马桶这个控制装置原型机为例。给它安上一个把手，我们就可以调节水箱中水线的高度。而水箱中的自我调节机制会随之把水调节到我们所设定的高度。向下扳，自我调节机制就会保持在一个满意的低水平，往上扳，它就会放水进来达到一个高水位。

（现代的抽水马桶上还真有这种把手。）现在让我们走得更远一点，再加上一个自我调节的回路来扳动把手。这样一来，我们就可以连这一部分的活都放手不做了。这第二个回路的工作，是为第一个回路寻找目标。这么说吧，第二个机制在感受到进水管的水压，就会移动把手，如果水压高，就给水箱定一个高水位，如果水压低，就给它定一个低水位。

第二个回路控制着第一个回路的波动范围，而第一个回路则控制着水。从抽象的意义上来说，第二个回路给出的是一种二级控制：对控制的控制，或者说，元控制。而有了这个元控制，我们这个新出炉的二级马桶的行为方式就是“有目的的”。它可以依据目标的变化进行调整。尽管为第一个线路进行目标设定的第二线路也同样是机械的东

西，但整个机制本身确实在选择自己的目标的事实，使这个元回路获得了某种生物的感觉。

就是这么简单的一个反馈回路，却可以在一种无穷无尽的整合过程中缝合在一起、永远共同地工作下去，直到形成一个由各种具有最不可思议的复杂性和错综复杂的子目标构成的塔。这些回路塔会不断地给我们带来诧异，因为沿着它们流转的信号，会无可避免地相互交叉自己的路径。A引发B，B引发C，C又引发A。以一种直白的悖论形式来说：A既是原因，又是结果。控制论专家海因茨·冯·福斯特把这种难以捉摸的循环称为“循环因果”（*circular causality*）。早期人工智能权威沃伦·麦克洛克 [27] 把它称为“非传递性优先” [28]，意思是说，优先级的排序上会像小孩子玩的石头——剪刀——布那样无休止地以一种自我参照的方式自我交叉：布能包石头，石头能崩坏剪刀、剪刀能裁剪布，循环不已。而黑客们则把这种情况称之为递归循环。不管这个谜一样的东西到底叫作什么，它都给了传承3000年的逻辑哲学以猛然一击。它动摇了传统的一切。如果有什么东西既是因又是果的话，那么所谓的理性，岂非对任何人来说都是唾手可得之物？

## 7.4 自我能动派

复杂电路常常具有奇怪的反直觉行为，其根源正是在那些套叠起来且首尾相接的回路所具备的复合逻辑。精心设计的电路看似能够可靠、合理地运行，然而突然之间，它们就踩着自己的鼓点，毫无预兆地转向了。人们付给电子工程师们高额的工资，就是让他们去解决所有回路中的横向因果关系。然而，对于机器人这种程度的复杂性来说，电路的异常表现是无法消除的。如果把这一切都简化到其最简形式，即反馈回路的话，循环因果正是那无处不在的矛盾。

自我从何而来？控制论给出了这样让人摸不着头脑的答案：它是从它自己那里涌现出来的。而且没有别的法子。进化生物学家布赖恩·古德温 [29] 告诉记者罗杰·卢因 [30]：“有机体既是它自己的因也是它自己的果，既是它自己固有的秩序和组织的因，也是其固有秩序和组织的果。自然选择并不是有机体的因。基因也不是有机体的因。有机体的因不存在。有机体是自我能动派。”因此，自我实际上是一种自谋划的形式。它冒出来是为了超越它自己，就好像一条长蛇吃掉自己的尾巴，变成了乌洛波洛斯衔尾蛇 [31]——那个神秘的圆环。

按照荣格 [32] 的说法，衔尾蛇是人类灵魂在永恒概念上的最经典的投影之一。这个咬着自己的尾巴的蛇所形成的环，最初是作为艺术装饰出现在埃及雕塑中。而荣格则发展出一套观点，认为那些在梦中造访人类的近乎混沌的形形色色的意象，容易被吸附在稳定节点上，形成重要且普适的图像。如果用现代术语来作比的话，这跟互连的复杂系统很容易在“吸引子”上安顿下来的情形非常相像。而一大堆这样具有吸引力、奇异的节点，就形成了艺术、文学以及某些类型的疗法的视觉词汇。在那些最持久的吸引子当中，一个早期的图式就是“吞食自己尾巴的东西”，往往用图像简单地表示为一个在吞噬自己尾巴的蛇状龙所形成的完美圆环。

衔尾蛇的循环回路显然是一个反馈概念的象征，我难以确定到底是谁先在控制论的语境中使用它。作为真正的原型，它也许不止一次地被独立地看作是一个反馈的象征。我毫不怀疑，当任何一个程序员在使用GOTO START循环的时候，他脑子里都会浮现出那副蛇吃自己尾巴的微弱图像。

蛇是线性的，但当它回身咬住自己的时候，它就变成了非线性物体的原型。在经典的荣格主义框架中，咬住尾巴的衔尾蛇是对自我的一种象征性的图解。圆圈的完整性就是自我的自我控制，这种控制既来源于一个事物，也来源于相互竞争的部件。从这个意义上说，作为

反馈回路的最为平实的体现，抽水马桶也同样是一只神秘的野兽——自我之兽。

荣格派学者认为，自我（self）其实应该被看成是“我（ego）的意识的诞生前的一种原始心理状态”，也就是说，“是那种原始的曼达拉状态 [33]”，而个体的我（ego）正是从这种心灵状态中产生出来的”。所以，我们说一个带着恒温器的炉子有自我，并不是说它有一个我。所谓自我，只不过是一个基础状态，一个自动谋划出来的形式，而假如它的复杂性允许的话，一个更为复杂的我便藉此凸显出来。

每一个自我都是一个同义反复：自明、自指、以自己为中心并且自己创造自己。格雷戈里·贝特森说，一个活系统就是一个“缓慢地进行自我复原的同义反复”。他的意思是说，如果系统受到干扰或者干涉，它的自我就会“朝向同义反复寻求解决”——沉降到它的基础自指状态，它那个“必要的矛盾”中。

每一个自我，都是一场试图证明自己特性的论争。恒温系统的自我内部总是在争论到底该调高还是调低炉子温度。海伦的阀门系统则会不间断地就它所能执行的唯一的、孤立的动作进行争论：应不应该移动那个浮子？

一个系统，就是任何一种能够自说自话的东西。而所有的有生命的系统以及有机体，最后都必然精简为一组调节器，即化学路径和神经回路，其间总是进行着如此愚蠢的对话：“我要，我要，我要要要；不行，不行，你不能要。”

把各种自我播种到我们构建的世界，就给控制机制提供了一个家，让它们在那里滴注、蓄积、满溢和迸发。自动控制的出现分成三个阶段，也已经在人类文化中孵化出三个几乎是形而上学的改变。控制领域的每个体制，都是靠逐渐深化的反馈和信息流推进的。



由蒸汽机所引发的能量控制是第一阶段。能量一旦受到控制，它就达到了一种“自由”。我们释放的能量再多，它也不会从根本上改变我们的生活。同时，由于我们达成某一目标所需要的卡路里（能量）越来越少，我们那些最为重大的技术成果，也不再朝向对强有力的能源做进一步控制。

相反，我们现在的成果是通过加大对物质的精确控制得来的。而对物质的精确控制，就是控制体制的第二阶段。采用更高级的反馈机制给物质灌输信息，就像计算机芯片的功用那样，使物质变得更为有力，渐渐地就能用更少的物质做出没有信息输入的更大数量物质相同的功。随着那种尺寸堪比微尘的马达的出现（1991年成功制作出了原型机），似乎任何规格的东西都可以随心所欲地制造出来。分子大小的照相机？可以，怎么不行？房子大小的水晶？如你所愿。物质已经被置于信息的掌握之下，就跟现在的能量所处的状态一样，方法也是同样的简便——只要拨动拨号盘就好。“20世纪的核心事件，就是对物质的颠覆。”技术分析家乔治·吉尔德 [\[34\]](#) 如是说。这是控制史的一个阶段，一个我们身历其中的控制的阶段。从根本上说，物质——无论你想要它是什么形状，都已经不再是障碍。物质已经几乎是“自由”的了。

控制革命的第三阶段，是对信息本身的控制。两个世纪之前，当把信息应用于燃煤蒸汽的时候，就播下了它的种子。从这里到那里，长达数英里的电路和信息回路执行着对能量和物质的控制，而这些线路和信息回路也在不经意间让我们的环境充满了信号、比特和字节。这个未受约束的数据狂潮达到了有害的水平。我们产出的信息，已经超过了我们能够控制的范围。我们所曾憧憬的更多的信息，已经成为事实。但是，所谓更多的信息，就好像是未受控制的蒸汽爆炸——除非有自我的约束，否则毫无用处。我们可以这样改写吉尔德的警句：“21世纪的核心事件，是对信息的颠覆。”



基因工程（控制DNA信息的信息），以及电子图书馆（管理图书信息的信息）所需的各种工具，预示着对信息的征服。首先感受到信息控制的冲击的，是工业和商业，这跟能量和物质控制产生的冲击一样，后来才会逐渐渗入到个体领域。

对能量的控制征服了自然的力量（让我们变得肥胖）；对物质的控制带来了可以轻易获取的物质财富（让我们变得贪婪）。那么，当全面的信息控制遍地开花的时候，又会为我们带来怎样五味杂陈的混乱？困惑？辉煌？躁动？

没有自我，几乎什么也不会发生。马达，数以百万计的马达，被赋予了自我，现在正管理着各种工厂。硅基芯片，数以十亿的硅基芯片，被赋予了自我，将会自我设计得更小更快来管理马达。很快，纤细的网络，数量无限的网络，被赋予了自我，将会重新构思芯片，并统治所有我们让它们统治的东西。假使我们试图通过掌控一切的方式来利用能量、物质和信息的巨大宝藏的话，那么必然会陷入失败。

我们正在以所能达到的速度，尽可能快地把我们这个已经建好的世界装备起来，指令它自我治理、自我繁衍、自我认知，并赋予它不可逆转的自我。自动化的历史，就是一条从人类控制到自动控制的单向通道。其结果就是从人类的自我到第二类自我的不可逆转的转移。

而这些第二类自我是在我们控制之外的，是失控的。文艺复兴时期那些最聪慧的头脑也未能发明出一个超越古代的海伦所发明的自我调节装置，其关键原因就在于此。伟大的列奥纳多·达芬奇 [\[35\]](#) 建造的是受控制的机器，而不是失控的机器。德国的技术史学家奥托·麦尔说过，启蒙时代的工程师们本可以利用在当时就已经掌握的技术建造出某种可调节的蒸汽动力的。但是，他们没有，因为他们没有那种放手让他们的造物自行其事的魄力。

另一方面，尽管古代中国人的创造从来没有超出过指南车，却拥有一种正确的关于控制的无念心态。听听老子这位神秘的学者在2600年前的《道德经》中所写的，翻译成最地道的现代话语就是：

智能控制体现为无控制或自由，  
因此它是不折不扣的智能控制；  
愚蠢的控制体现为外来的辖制，  
因此它是不折不扣的愚蠢控制。  
智能控制施加的是无形的影响，  
愚蠢的控制以炫耀武力造势。 [36]

老子的睿智，完全可以作为21世纪饱含热忱的硅谷创业公司的座右铭。在一个练达、超智能的时代，最智慧的控制方式将体现为控制缺失的方式。投资那些具有自我适应能力、向自己的目标进化、不受人监管自行成长的机器，将会是下一个巨大的技术进步。要想获得有智能的控制，唯一的办法就是给机器自由。

至于这个世纪所剩下的那一点点时间，则是为了21世纪那个首要的心理再造工作而预留的彩排时间：放手吧，有尊严地放手吧。

---

[1] 控制饮酒量的装置：参见周去非（1151～1189）的《岭外代答》。其实这个“吸管”不是放在嘴里吸，而是插在鼻子里吸，即所谓“鼻饮”。

[2] 克特西比乌斯（Ktesibios）：古希腊工程师，发明家。公元前3世纪中叶生活在埃及托勒密王朝下。

[3] 托勒密二世（King Ptolemy II，公元前308～前246）：古埃及托勒密王朝国王。他利用宗教巩固王朝统治，将版图扩展至叙利亚、小亚细亚和爱琴海，在位期间国势处于全盛时期。

[4] 阿基米德（Archimedes，约公元前287～前212）：古希腊数学家、发明家，以发现阿基米德原理（即浮力原理）而著称，在数学方面的发现有圆周率以及球体、圆柱体的表面积和体积的计算公式。

[5] 海伦（Heron, 10~75）： 是一个非常重要的几何学家和机械学家。

[6] 科内利斯·德雷贝尔（Cornelis Drebbel）： 荷兰发明家，建造了第一艘能航行的潜水船。

[7] 詹姆斯·瓦特（James Watt, 1736.01.19~1819.08.19）： 英国著名的发明家，是工业革命时的重要人物。他改良了蒸汽机，发明了气压表、汽动锤。后人为了纪念他，将功率的单位称为瓦特。

[8] 纽科门（Newcomen）： 英国工程师，蒸汽机发明人之一。他发明的常压蒸汽机是瓦特蒸汽机的前身。

[9] 托马斯·米德（Thomas Mead）： 英国发明家，磨坊主。

[10] H.S.布莱克（H.S.Black）： 贝尔实验室的电话工程师，提出负反馈放大器。

[11] 阿伯丁试验场： Aberdeen Proving Ground

[12] 伺服机制（servomechanism）： 系指经由闭环控制方式达到一个机械系统设定的位置、速度、或加速度的系统。

[13] 莱昂·法尔科（Leon Farcot）： 法国工程师。

[14] 比尔·鲍尔斯（Bill Powers）： 美国感知控制论的创始人，美国西北大学教授。

[15] 套套逻辑（tautology）： 又作重言式，或同义反复。意指不管条件真假与否，始终为真的命题。例如，“要么所有的乌鸦都是黑的，要么不都是黑的”，再譬如“四脚动物有四只脚”。

[16] 利奥·维纳（Leo Wiener）： 俄裔犹太人，语言学家，哈佛大学教授。诺伯特·维纳之父。

[17] 伯特兰·罗素（Bertrand Russell, 1872~1970）： 20世纪最有影响力的哲学家、数学家和逻辑学家之一，同时也是活跃的政治活动家。

[18] 控制论（cybernetics）： 诺伯特·维纳在其所著的《控制论：关于在动物和机器中控制和通讯的科学》中创造了这个新词来命名当时的新学科。

[19] 柏拉图（Plato, 公元前427~前347）： 古希腊哲学家，其哲学思想对西方唯心主义哲学的发展影响很大。

[20] 苏格拉底（Socrates, 公元前469~前399）： 古希腊哲学家，认为哲学在于认识自我，美德即知识；提出探求真理的辩证法。本人无著作，其学说仅见于他的学生柏拉图和色诺芬的著作。

[21] 安培（Ampere, 1775~1836）： 法国物理学家，电动力学奠基人之一，制定安培定律，首创电磁学理论。

[22] 理解科学： Noological Science

[23] 皮埃尔·拉蒂尔（Pierre de Latil）： 法国作家。

[24] 弗里德里克·哈耶克（Frederick Hayek）：奥地利经济学家。

[25] 计算论证：calculation argument

[26] 以利·惠特尼（Eli Whitney，1765～1825）：美国机械工程工程师、发明家，发明轧花机，设计并生产装配步枪用的互换零件，对工业生产有很大影响。

[27] 沃伦·麦克洛克（Warren McCulloch，1898.1 1.16～1969.09.24）：美国神经生理学家和控制论专家。

[28] 非传递性优先（intransitive preference）：所谓传递性，就是说如果A和B有关系R，B和C有关系R，那么A和C也就关系R，“大于”就是一个有传递性的关系：如果A大于B，而B又大于C，那么A大于C——“大于”这个关系经由B传递到C。现在的情况是A引发B，B引发C，所以如果传递的话，那么应该是A引发C，但现在是C引发A，所以说不传递。

[29] 布赖恩·古德温（Brian Goodwin，1931～2009）：加拿大数学家和生物学家，圣塔菲研究所的创办者之一。2009年不幸从自行车上跌落受伤，在医院做了手术后去世。

[30] 罗杰·卢因（Roger Lewin）：英国人类学家和科学作家，曾做过十年《科学》杂志的新闻编辑，是伦敦经济学院复杂性研究小组的成员之一。

[31] 衔尾蛇（Ouroboros，亦作咬尾蛇）：是一个自古代流传至今的符号，大致形象为一条蛇（或龙）正在吞食自己的尾巴，结果形成一个圆环（有时亦会展示成扭纹形，即阿拉伯数字8的形状），其名字涵义为“自我吞食者”。这个符号一直都有很多不同的象征意义，而当中最广为接受的是“无限大”、“循环”等意义。另外，衔尾蛇亦是宗教及神话中的常见符号，在炼金术中更是重要的徽记。近代，有些心理学家（如卡尔·荣格）认为，衔尾蛇其实反映了人类心理的原型。

[32] 荣格（C.G.Jung，1875～1961）：瑞士著名心理学家、精神分析学家，他是分析心理学的始创者，是现代心理学的鼻祖之一。

[33] 曼达拉（mandala）：所谓“曼达拉”，是指在人类文化史上和人类大脑记忆体内存在着一种图式或图形：其外围是一圆形圈或方形圈；其中央或作对称的“十”字形，或作对称的“米”字形。

[34] 乔治·吉尔德（George Gilder）：当今美国著名未来学家、经济学家，被称为“数字时代的三大思想家之一”。20世纪80年代，他是供应学派经济学的代表人物，90年代，他是新经济的鼓吹者。他为《福布斯》、《哈佛商业评论》等著名杂志撰稿，影响较大的著作有：《企业之魂》，《财富与贫困》。

[35] 列奥纳多·达芬奇（Leonardo daVinci）：意大利文艺复兴中期的著名美术家、科学家和工程师，以博学多才著称。在数学、力学、天文学、光学、植物学、动物学、人体生理学、地质学、气象学，以及机械设计、土木建筑、水利工程等方面都有不少创见或发明。

[36] 《道德经》原文：上德不德，是以有德。下德不失德，是以无德。上德无为而无以为，下德无为而有以为。

## 第八章 封闭系统

### 8.1 密封的瓶装生命

旧金山史坦哈特水族馆（Steinhart Aquarium）一长溜展品的尽头，灯光照耀下怡然自得地生长着一丛密集的珊瑚礁。水族馆的玻璃墙后面，几英尺的完备空间就将南太平洋海底一英里长的珊瑚礁上的各种生物集中展现了出来。

这浓缩的礁石以异乎寻常的色调和怪异的生命形态，营造出一种新纪元音乐般的氛围。站在这个长方形容器的前面，如同脚踩着和谐的节点。这里每平米生物种类数目超过了地球上其他任何地方。生命密集得不行了。那异常丰富的自然珊瑚礁，已经被进一步压缩成了超越自然富集程度的人造堡礁。

两扇平板玻璃窗让你一览充满异域生物的爱丽丝奇境。嬉皮士般色彩斑斓的鱼瞪着眼看橙色底白条纹的小丑鱼，抑或是在看一小群亮蓝雀鲷。这些艳丽的小精灵时而在栗色软珊瑚那羽毛般的触手中间疾速游走，时而又在巨型海蚌那缓慢翕动的肥唇间穿梭。

对这些生物说来，这里不单是圈养栏，这里就是它们的家。它们要在这里吃、睡、打闹，在这里繁育后代，直到生命的尽头。不仅如此，如果时间充足，它们还会共同进化，共享天命。它们所拥有的是一个真正的生命群落。

在这个珊瑚展示池后面，一堆隆隆作响的泵机、管道和各种机械装置，在电力的带动下维持着这个玩具礁体上的超级生物多样性。一个游客，打开一扇没有任何标志的门，从水族馆昏暗的观景室中跋涉到泵机这里，一开门，就有炫目的外星人似的光线奔涌而出。这里的房间内部刷成了白色，弥漫着温热的水汽，耀眼的灯光令人感到窒息。头顶的架子上挂着炙热的金属卤素灯，每天放射出15个小时的热带阳光。盐水涌动着穿过一个四吨重的水泥大桶，桶里装了满是净化菌的湿沙。在人工阳光之下，长长的浅塑料托盘里绿色水藻生长旺盛，过滤着礁石水体所产生的自然毒素。

对于这个礁体来说，工业管道装置替代了太平洋。1.6万加仑的再生海水旋转着流过仿生系统，冲刷着这块珊瑚礁，像南太平洋那长达数英里的海藻园和沙滩给野生珊瑚礁提供的东西一样，带来了过滤的、湍急的、富含氧气的海水。这一整套带电的展示，是精细脆弱、来之不易的平衡，每天都需要能量和照料。一步走错，整块珊瑚礁就可能在一天内分崩离析。

古人都知道，一天就可以摧毁的东西，要想建成它，可能会需要几年甚至几个世纪的时间。在史坦哈特珊瑚礁建成之前，没有人确定是否能够通过人工方法建立起珊瑚礁群落，如果可以，也没有人知道这样的工作到底需要耗费多长的时间。海洋科学家清楚地知道，作为一种复杂的生态系统，珊瑚礁必须按照正确的顺序才能组合成功。但是没有人知道那个顺序到底是什么。很显然，当海洋生物学家劳埃德·高梅兹起先在学院水族楼那阴湿的地下室中转悠的时候，他也不知道这个顺序到底是什么。高梅兹一桶桶地把微生物倒在大塑料槽里搅和，按照不同的顺序逐样添加各个物种，希望能够获得一个成型群落。但基本上每次尝试都是失败的。

每次尝试开始的时候，他都会首先培养出一份浓稠的豆色海藻培养液，排放在正午的阳光下，乱糟糟地冒着泡泡。如果系统开始偏离



形成珊瑚礁的条件，高梅兹就会冲洗培养槽。用了一年不到的时间，他终于获得了演化方向正确的原型珊瑚培养液。

创造自然需要时间。高梅兹启动珊瑚礁（项目）5年之后，礁体才形成自我维持系统。直到前不久，高梅兹还必须给栖息在人造礁石上的鱼和无脊椎生物提供食物。不过在他看来，现在这块礁体已经成熟了。“经过持续了5年的精心照料，我已经给水族箱建立了一个完整的食物网，因此，我不必再给它喂食了。”唯一要提供的就是阳光，卤素能源不断地燃烧，生成人造日光倾泻在这块人工礁石上。阳光哺育海藻，海藻养活水生物，水生物养活珊瑚、海绵、蛤蜊和鱼。而归根到底，这块礁石是靠电力维持生命的。

高梅兹预测说，当这个礁石群落最终稳定下来时，还会发生进一步的转变。“在我看来，到满10岁之前它还会发生重大的变化。因为到那时候礁石会发生融合。基脚珊瑚开始向下扎根到松散的岩石中，而身处地下的海绵会在底下挖洞。所有这些会整合成一个大型的生命群。”一块有生命的岩石就从几个种子生物体中发展起来。

大家都没料到，在所有融进这块玩具礁石的生物里面，大约有90%的生物是偷偷进来的，也就是说，最初的那锅培养液里没有它们的影子。其实，当初那培养液里就存在着少量且完全不可见的微生物，只不过直到5年之后，等到这块礁石已经做好了融合的准备，才具备了这些微生物参与融合发展的条件，而在此之前，它们一直隐匿而耐心地漂浮着。

与此同时，某些在初始阶段主宰这块礁石的物种消失了。高梅兹说：“我没有预料到会出现这种情况。这让我非常震惊。生物接连死去。我问自己我到底做错了什么？事实证明我什么也没有做错。这只不过是群落的循环而已。这个群落启动之时需要大量的微藻类。之后的10个月内，微藻类消失。接着，某些开始时很旺盛的海绵消失，另一种海绵却突然冒出头来。就在最近，一种黑色海绵开始在礁石里扎

下根。而我却完全不知道它是从哪来的。正如帕卡德的北美大草原以及温盖特的楠萨奇岛的复原工作，珊瑚礁在组合的初始阶段，而不是在维护阶段，需要某些伴护性物种的帮助。礁石中的某些部分只不过是‘拇指’。”

劳埃德·高梅兹的这种建造礁石的技巧在夜校里大受欢迎。对于那些痴心不改的业余爱好者来说，珊瑚礁可以算得上是一个最新出现的挑战。这些人登记入学，就是为了学会怎样把浩瀚的大洋微缩到100加仑。高梅兹的这个微缩盐水系统，把方圆数英里的生物收入一个带附件的大型水族箱里。附件也就是定量给料泵机、卤素灯、臭氧发生器、分子吸附过滤装置，诸如此类的东西。每个水族箱1.5万美金，价格不菲。这套昂贵的设备运转起来，就像真正的海洋一样，清洁、过滤着礁石周围的水体。珊瑚的生存环境需要水溶气体、微量化学元素、酸碱度、微生物种群、光照、波浪模式和温度等种种因素上达到非常精细的平衡。而所有这一切，都是由机械装置和生物制剂的互联网络在水族箱中提供的。按照高梅兹的说法，常见的失误，往往在于试图往生物栖息地塞入超过系统承载能力的生物，或者，正如皮姆和德雷克所发现的，没有按照正确的顺序来引入这些生物。那么，顺序到底有多么要紧？高梅兹的说法：“生死攸关。”

要获得稳定的珊瑚礁，重要的是要做好最初的微生物母体。夏威夷大学的微生物学家克莱尔·福尔索姆曾经根据他对广口瓶中的微生物培养液所作的研究得出过这样的结论：“任何一种稳定的封闭生态系统的基础，基本上都是某种微生物。”他认为，在任何一个生态系统里，微生物都肩负着“闭合生物元素之环”的作用，使大气与养分能够循环流动。对此，他通过微生物的随机混合找到了证据。福尔索姆所做的实验跟皮姆和德雷克所作的实验非常相似，唯一的区别就是，他把广口瓶的盖子给封上了。他仿制的不是地球生命的一小部分，而是自给自足的整个地球的自我循环系统。地球上的所有物质都处于某种循环之中（除了些许无足轻重的轻气体的逃逸，以及陨石的少量坠落）。

用系统科学的术语来说，地球在物质上是一个封闭系统。而另一方面，从能量/信息的角度来看，地球又是开放的：阳光照射着地球，信息则来来去去。像地球一样，福尔索姆的广口瓶在物质上是封闭的，在能量上是敞开的。他从夏威夷群岛的海湾挖出含盐的微生物样本，把他们用漏斗倒进实验室用的那种1升或者2升的玻璃烧瓶中，然后密封起来，再通过一个采样口抽取少许来测量它们的种群比率和能量流，直到它们稳定下来。

如同皮姆发现随机混合物是多么轻易地形成自组织的生态系统时一样，福尔索姆也是大吃一惊。他惊讶地发现，即使对封口的烧瓶中生成的封闭营养物质循环回路施以额外挑战，也阻止不了简单微生物群落获得均衡状态。福尔索姆说，在1983的秋天，他和另外一个叫曹恒信的研究者意识到，封闭式生态系统，“哪怕它的物种类别再少，也几乎都能成活”。而那时，福尔索姆最初的那些烧瓶，有些已经存活了15年。最早的那一瓶是在1968搭配封装的，到现在已经有25年的时间了。在此期间，没有向里面添加过一点空气、食物或者营养物质。尽管如此，他这一瓶以及所有其他的瓶装生物群落，仅凭着室内的充足光照，在此后多年里仍然生长旺盛。

不过，无论能够生存多长时间，这些瓶装系统都需要一个启动阶段，一个大概会持续60到100天的波动危险期，在此期间任何意外都可能发生。高梅兹在他的珊瑚微生物中也看到了这种情况：复杂性的开端植根于混沌之中。不过，如果复杂系统能够在一段时间的互相迁就之后获得共同的平衡，那么之后就再没有什么能够让它脱离轨道了。

这种封闭的复杂系统到底能够运行多长时间？福尔索姆说，据说巴黎国家博物馆展出过一株1895年封入一个玻璃罐中的仙人掌，正是这个传说激发了他制造封闭的物质世界的最初兴趣。他不能证实传说的存在，但据说在过去的一个世纪里，这株仙人掌上覆盖的藻类和苔藓的颜色会依序从绿到黄循环变换。如果这个封闭的玻璃罐能获得光

照和稳定的温度，那么，从理论上说，这些苔藓没有理由不能生存到太阳毁灭的那一天。

福尔索姆的封闭微生物迷你世界有它们自己的生活节奏，也真实地反映了我们星球的生活节奏。在大约两年的时间内，它们重复利用自己的碳，从二氧化碳到有机物质，再从有机物到二氧化碳，循环往复。它们保持着一种与外界的生态系统相类似的生物生产率。它们生产出定量的氧气，比地球的氧水平稍高。它们的能源效率与外部大生态系统相当。而且，它们赡养的生物数量显然是不限定的。

福尔索姆从自己的烧瓶世界中得出这样的结论：是微生物——这种细小细胞构成的微型生命，而不是红杉、蟋蟀或者猩猩——进行了最大量的呼吸，产生了空气，最终供养了地球上无穷的可见生物。隐形的微生物基质引导着生命整体的发展进程，并将各种各样的养分环融合在一起。福尔索姆觉得，那些引起我们注意的生物，那些需要我们照料的生物，就环境而言，可能仅仅是一些点缀性的、装饰性的东西。正是哺乳动物肠道中的微生物，还有黏附在树根上的微生物，使树木和哺乳动物在包括地球在内的封闭系统中有了价值。

## 8.2 邮购盖亚

我的书桌上曾经摆放了一个小小的生态球。它甚至还有一个编号：58262号世界。我不必为我的星球做什么，只要时不时地看看它就行了。

1989年10月17日下午5点04分，在突然袭来的旧金山地震中，58262号世界变成了齏粉。在大地的震动中，一个书架从我办公室的墙面上松脱，砸在我的书桌上。一眨眼的功夫，一本关于生态系统的厚

重的大册子就把我的这个生态球的玻璃壳压得粉碎，像搅和打碎的鸡蛋那样把它的液体内脏彻底地搅和在一起。

58262号世界是一个人工制作的生物圈，制作者精心地让它达到了一种平衡状态，以求它能够永远生存下去。它是福尔索姆和曹恒信的那些微生物广口瓶的后裔之一。曹恒信是加州理工学院喷气推力实验室 [1] 为NASA高级生保计划 [2] 工作的研究人员。与福尔索姆的微生物世界相比，他创造出来的世界更具多样性。曹恒信是第一个找到包含动物在内的自维持生物的简单组合的人。他把小盐水虾和盐卤藻一起放进了一个永续的密闭环境中。

他的这个封闭世界的商业版名称叫作“生态球”，基本上是一个跟大柚子差不多大小的玻璃球。我的58262号世界就是这些玻璃球中的一个。被彻底地封在这个透明球体中的有4只小盐水虾、一团挂在一根小珊瑚枝上的毛茸茸的草绿色水藻，以及数以百万计的肉眼看不见的微生物。球的底部有一点沙子。空气、水或者任何一种物质都不能出入这个球体。这家伙唯一摄入的就是阳光。

打从开始制作时算起，年头最长的曹氏人造微生物世界已存活了10年。这让人很意外，因为游弋其中的盐水虾的平均寿命通常在5年左右。照理说这些生物能在封闭的环境中一直繁衍下去，但是让这些生物在这样的封闭世界里繁衍生息总归是个难题。当然，个体的盐水虾和海藻细胞会死。获得“永生”的是群体的生命，是一个群落的整体生命。

你可以通过邮购买到一个生态球，就好像买到一个盖亚或者一种自发生命的实验。你从塞满填充物的包裹中拆出这样一个球体来。在经历了剧烈震荡的旅程之后，那些小虾看起来仍然很健康。然后，你用一只手托起这个炮弹大小的生态球，对着光照，它会闪烁出宝石一

样纯净的光芒。这是一个被吹制进瓶子的世界，玻璃在顶部整齐地收拢在一起。

这个生态球就呆在那里，生存在它那种脆弱的不朽之中。自然学家彼得·沃肖尔手里有一个第一批制造出来的生态球，一直放在他的书架上。沃肖尔的读物包括那些已故诗人的隐晦诗作、法国哲学家的法语著作，以及关于松鼠分类学的专题论文。对于他来说，自然就是诗歌的一种；生态球则是一个大肆宣传实体的皮书套。沃肖尔的生态球生活在善意的忽视下，几乎相当于某种不用去照料的宠物。关于他的这种“非嗜好”，沃肖尔写到：“你不能喂虾。不能去除残腐。你也不能去摆弄那些根本就不存在的过滤器、充气机或者泵机。你也不能把它打开来用手指去测试水温。你所能做的唯一的事情——如果‘做’在这里还是合适的词汇的话，就是观察和思考。”

生态球是一个图腾，一个属于所有封闭的生命系统的图腾。部落民众选出某种图腾物，作为连接灵魂与梦想这两个相互分离的世界的桥梁。而生态球，这个被封闭在晶莹剔透的玻璃里面的独特世界，仅仅凭着“存在”，向我们发出邀请，让我们去沉思那些难以把握的图腾似的理念，比如“系统”、“封闭”，甚至“存活”。

“封闭”意味着与流动隔绝。一个树林边上修剪整齐的花园，独立生活在自然形成的野生状态的包围中。不过，花园生态所处的分离状态是不完全的——是想象多于现实的分离。每一个花园，实际上只是我们都身历其中的更大生物圈的一小部分。水分和营养物质从地下流入其中，氧气和收获物又会从中“流出”。如果没有花园之外的那个持续存在的生物圈，花园自己就会衰败消失。一个真正的封闭系统，是不会参与外部元素流动的；换句话说，它所有的循环都是自治的。

“系统”意味着相互连通。系统中的事物是相互纠结的，直接或者间接地连接到一个共同的命运。在一个生态球世界中，虾吃藻类，藻类靠阳光生存，微生物则靠两者产生的“废料”生存。如果温度上升得



太高（超过华氏90度<sup>[3]</sup>），虾蜕皮的速度就会超过它进食的速度，这样一来它们实际上就是在消耗自己。而如果没有足够的光照，藻类的生长速度就达不到虾所需要的水平。虾摇摆的尾巴会搅动水，从而搅起微生物，让每个小虫都能得到晒太阳的机会。生态球除了个体生命，更有整体生命。

“存活”，意味着惊喜。完全黑暗的环境里，一个普通的生态球可以生存6个月，与逻辑预期相反。而另外一个生态球，在一个温度和光线非常稳定的办公室里呆了两年之后，突然有一天爆发了繁育潮，在球里平添了30只小虾仔。

不过，静态才是生态球的常态。沃肖尔不经意地写过这样一段话：“有时候你会觉得这个生态球太过平静，和我们匆忙的日常生活形成鲜明的反差。我曾经想过要扮演一次非生物的上帝。拿起它摇晃一阵：来点地震怎么样，你这小虾米！”

对生态球世界来说，像这样时不时地让其公民混乱上一阵，还真的是一件好事。纷扰维护着世界。

森林需要破坏力巨大的飓风来吹倒老树，以便腾出空间让新树生长。大草原上的流火，可以释放必须经过火烧才能摆脱硬壳束缚的物质。没有闪电和火焰的世界会变得僵硬。海洋既有在短期内形成海底暖流的激情，也有在长期的地质运动中挤压大陆板块和海床的激情。瞬间的热力、火山作用、闪电、风力以及海浪都能够让物质世界焕然一新。

生态球中没有火，没有瞬间的热力，没有高氧环境，没有严重的冲突——即使在它最长的循环周期里也没有。在它的那个小空间里，在数年的时间里，磷酸盐——所有活细胞的重要成分，会跟其他元素非常紧密地结合在一起。从某种意义上说，把磷酸盐剔出这个生态球的循环，就会逐渐减少产生更多生命的希望。在低磷酸盐的环境中，

唯一能够繁荣兴盛的只有大块的蓝绿海藻，那么，随着时间的推移，这个物种势必在这些稳定系统中占据主导地位。

给这玻璃世界加点东西，比如能够产生闪电的附件，也许能逆转磷酸盐的沉降，以及摆脱随之而来的蓝绿海藻必然的接手。一年有那么几次，让这个由小虾和藻类组成的平静世界产生几个小时的灾祸，噼啪作响、嘶嘶作声、沸腾起来。它们的休假当然会就此泡汤，但是它们的世界却可以从此焕发青春。

在彼得·沃肖尔的生态球中（除了他的遐想之外，这个球多年来一直放在那里没人打扰），矿物质已经在球体的内部凝成一层坚实的晶体。从盖亚理论的角度来说，就是生态球制造出了陆地。这块“陆地”（由硅酸盐、碳酸盐以及金属盐组成）之所以在玻璃上形成，是因为电荷的作用，是一种自然形成的电解沉积。唐·哈曼尼，那个生产生态球的小公司的主要负责人，对他的小型玻璃盖亚的这种趋势非常熟悉，他半真半假地建议说，可以通过给这个球体焊上一根地线来阻止石化层的形成。

最后，盐晶会因为自身的重量从玻璃球的表面脱落下来，沉积到液体的底部。在地球上，海底沉积岩的累积，也正是更大范围的地质循环的一部分。碳和矿物质通过水、空气、土地、岩石进行循环，然后重新返回到生命体中。生态球也是如此。它抚育的各种元素，也是通过大气、水和生物圈所组成的循环达到了动态平衡。

绝大多数的野外生态学家都感到惊讶，这样一种自我维持的封闭世界居然能够如此简单。看来随着这种玩具式的生物圈的出现，那种可持续的自给自足状态也可以轻易地创造出来，特别是如果你对这种系统维持的到底是哪些生物不太在意的话。可以说，邮购的生态球证明了一个不同寻常的断言：自我维持的系统“主观上”愿意出现。

如果说简单的小型系统唾手可得，那么我们到底能够把这种和谐扩大到什么程度，而不至于失去这样一个除了能量输入之外完全封闭的自我维持的世界呢？

事实证明，生态球按比例放大后仍很完好。一个巨大的商业版生态球可达200升。这差不多是一个大垃圾箱的容积——大到你无法环抱。在一个直径30英寸漂亮的玻璃球里，海虾在海藻的叶片之间戏水。不过，与通常只有三四只食孢虾的生态球不同，这个巨大的生态球里装了3000只虾。这是一个有自己居民的小月球。大数定律在这里应验；多则意味着不同。更多的个体生命让这个生态系统更具活力。事实上，生态球越大，达到稳定所需时间就越长，破坏它也就越困难。只要处于正常状态，一个活系统的集体代谢过程就会扎下根，然后一直持续下去。

## 8.3 人与绿藻息息相关

下一个问题显然是：这种与外界流动隔绝的玻璃瓶，到底要多大、里面要装些什么样的活物，才能保障人在里面生存？

当人类的冒失鬼们冒险穿越地球大气这个柔软的瓶壁的时候，上述的学术问题就具备了现实意义。你能通过保证植物持续存活，来让人类在太空里像虾在生态球里一样持续存活吗？你能把人也封闭在一个受到日光照射、有充足的活物的瓶子里，让他们相互利用彼此的呼吸吗？这是一个值得动手去探寻的问题。

小学生都知道，动物消耗植物产出的氧气和食物，植物则消耗动物产出的二氧化碳和养料。这是一个美好的镜像：一方生产另一方所需要的东西，就好像虾和水藻那样，彼此服务。也许，可以按照植物和哺乳动物对等的要求，以一种正确的方式把它们搭配在一起，它们

就能够相互扶持。也许，人也能在一个封闭的容器里找到适合自己的生物体化身。

第一个足够疯狂来做这个尝试性实验的人，是一名莫斯科生物医学问题研究所的俄罗斯研究员。在对太空研究热火朝天的头些年里，叶夫根尼·舍甫列夫<sup>[4]</sup>于1961年焊了一个铁匣子，匣子的大小足以把他还有8加仑的绿藻装进去。舍甫列夫的精心计算表明，8加仑的小球藻在钠灯的照射下可以产生足够一个人使用的氧气，而一个人也可以呼出足够8加仑的小球藻使用的二氧化碳。方程的两边可以相互抵消成为一体。所以，从理论上说，应该是行得通的，至少纸面上是平衡的，在黑板上的演算也非常完美。

但在这个气密的铁仓里，情况却全然不同。你不能凭理论呼吸。假如绿藻发育不良，那天才的舍甫列夫也得跟着倒霉；反之，如果舍甫列夫玩完了，那绿藻也活不下去。换句话说，在这个匣子里，这两个物种几乎是完全共栖的关系，它们自身的生存完全依赖对方的存在，而不再依赖外部那个由整个星球担当，以海洋、空气以及各种大小生物构成的巨大的保障网络。被封闭在这个舱里的人和水藻，实际上已经脱离了由其他生命编织起来的宽广网络，形成一个分离的、封闭的系统。正是出于对科学的信念，干练的舍甫列夫爬进了舱室并封上了门。

绿藻和人坚持了整整一天。在大约24个小时的时间中，人吸入绿藻呼出的气息，绿藻吸入人呼出的气息。之后腐败的空气把舍甫列夫赶了出来。在这一天临近结束的时候，最初由绿藻提供的氧气浓度迅速降低。在最后一刻，当舍甫列夫打破密封门爬出来的时候，他的同事们都被他的小屋里的那令人反胃的恶臭惊呆了。二氧化碳和氧气倒是交换得颇为和谐，但是绿藻和舍甫列夫排出的其他气体，比如甲烷、硫化氢以及氨气，却逐渐污染了空气。就好像寓言中那个被慢慢烧开水煮熟的快乐青蛙，舍甫列夫自己并没有注意到这种恶臭。

舍甫列夫带有冒险色彩的工作，受到了远在北西伯利亚的一个秘密实验室中的其他苏联研究人员的严肃对待，后者继续做了舍甫列夫的工作。舍甫列夫自己的小组能够让狗和老鼠在绿藻系统中生存最长7天。他们不知道，大约在同一时间，美国空军航空医学学院把一只猴子关进了由绿藻制造的大气里50个小时。在此之后，舍甫列夫他们把一桶8加仑的小球藻放在一个更大密封室里，并且调节了绿藻的养料以及光线的强度，创造了一个人在这个气密室里生存30天的记录！在这个特别持久的过程中，研究人员发现绿藻和人的呼出物并不完全相称。要想保持大气的平衡，还需要使用化学滤剂去除过量的二氧化碳。不过，让科学家们感到鼓舞的是，臭臭的甲烷的含量，在12天之后就稳定下来了。

到了1972年，也就是十多年之后，这个苏联的研究团队，在约瑟夫·吉特尔森的带领下，建立了能够支撑人类生存的第三版小型生物栖息地。俄罗斯人管它叫生物圈3号。它的里面很拥挤，仅可供三人生存。4个小气密室里装进了好几桶无土栽培的植物，用氙气灯照射。盒装的人在这些小房间里种植、收获那些俄罗斯出产的作物——土豆、小麦、甜菜、胡萝卜、甘蓝、水萝卜、洋葱和小茴香。他们的食物一半来自这些收获的作物，包括用小麦做出的面包。在这个拥挤、闷热的密封暖房里，人和植物相依为命共同生活长达6个月之久。

这个匣子其实还不是完全密封的。它密封的空气倒是没有气体交换，但它只能再循环95%的水。苏联科学家事先在里面存储了一半的食物（肉类和蛋白质）。另外，生物圈3号不能对人类的排泄物或者厨房垃圾进行回收；生物圈3号的住客只得把这些东西从匣子里排放出去，这样也就排出了某些微量元素和碳。

为了避免所有的碳都在循环中流失，居民把死掉的植物中那些不能吃的烧掉一部分，把它变成二氧化碳和灰烬。几个星期里房间就积累了不少微量气体，源头各有不同：植物、建材还有居民自己。这些

气体有些是有毒的，而当时的人们还不知道如何回收这种气体，于是，只好用催化炉把这些东西“烧”掉。

当然，NASA对在太空为人类提供食物和住所也非常感兴趣。1977年，他们发起了一个持续至今的计划：受控生态生命保障系统 [5]。NASA采用的是简约式的方法：寻找能够生产出人类消耗所必需的氧气、蛋白质以及维他命的最简单的生命形式。事实上，正是在摆弄这些基本系统的过程中，身为NASA一员的曹恒信偶然发现了虽然有趣但在NASA眼中并不是特别有用的虾/藻搭配。

1986年，NASA启动了面包板计划（Breadboard Project）。这个计划的目的是在更大的范围内实现那些在桌面上获得的试验结果。面包板计划的管理人找到一个“水星号”宇宙飞船 [6] 遗留下来的废弃的圆筒。这个巨大的管状容器，曾经用作安在“水星号”火箭顶尖上的小型太空舱的压力测试室。NASA给这个双层结构的圆柱体外面添加了通风和给排水管道系统，把里面改装成带有灯具、植物和循环养料架的瓶装住宅。

与苏联的生物圈3号试验的办法一样，面包板计划利用更高等的植物来平衡大气、提供食物。一个人一天能勉强下咽的绿藻实在有限，而且，就算一个人只吃绿藻，小球藻每天能为人类提供的养分也只达到人类所需的十分之一。正是这个原因，NASA的研究人员才放弃了绿藻系统而转向那些不仅能清洁空气，而且还能提供食物的植物。

看起来每个人都不约而同想到了超密集栽培。超密集栽培能够提供真正能吃的东西，比如说小麦。而其中最可行的装置，就是各种水培装置，也就是把水溶性的养料通过雾、泡沫的形式传输给植株，或者用薄膜滴灌的方式给那些遮盖了塑料支撑架的莴笋之类的绿叶植物输送养分。这种精心设计的管道装置在狭窄的空间生产出密集的植物。犹他州大学的弗兰克·索尔兹巴利 [7] 找到了不少精确控制的办



法，把小麦生长所需的光照、湿度、温度、二氧化碳含量以及养料等控制在最佳状态，将春小麦的种植密度扩大了100倍。根据野外试验的结果，索尔兹巴利估算出在月球基地之类的封闭环境下每一平方米超密集播种的小麦能够产出多少卡路里。他的结论是，“一个美式橄榄球场大小的月球农场能够供养100名月球城居民”。

100个人就靠一个足球场大小的蔬菜农场过活！这不就是杰弗逊的那个农业理想国的愿景吗！你可以想象一下，一个近邻的星球聚居着无数带有超大圆顶的村庄。每一个村庄都可以为自己生产食物、水、空气、人以及文化。

然而，NASA在创造封闭的生存系统方面给许多人的感觉是，过于小心谨慎、速度缓慢得令人窒息，而且简约到了令人无法容忍的程度。事实上，NASA这个“受控生态生命保障系统”可以用一个很贴切的词来形容：“受控”。

而我们需要的，却是一点点的“失控”。

## 8.4 巨大的生态技术玻璃球

那种比较合适的失控状态，发端于靠近新墨西哥州圣达菲的一家年久失修的大牧场。在20世纪70年代早期，也就是公社最繁荣的时代，这家牧场收拢了一群文化不适应的典型叛道者。当时，绝大多数公社都在随心所欲地运转。而这个被命名为协作牧场的大牧场并未随波逐流。这个新墨西哥州的公社要求其成员遵守纪律，辛勤劳作。大灾变来临时，他们不是听天由命，怨天尤人，而是致力于研究怎么做才能摆脱社会的疾患。他们设想出几个制作巨型精神方舟的方案。那异想天开的方舟设计得越是宏大，大家对整个的构想就越感兴趣。

想出了这个令人振奋的主意的，是公社的建筑师菲尔·霍斯。1982年，在法国开的一次会议上，霍斯展示了一个透明球体太空飞船的实体模型。这个玻璃球里面有花园、公寓，还有一个承接瀑布的水潭。“为什么仅仅把太空生活看成是一段旅程，而不把它当做真正的生活来看待呢？”霍斯问道，“为什么不仿造我们一直游历其中的环境建造一艘宇宙飞船呢？”换句话说，为什么不创造一个活的卫星，来替代打造出来的死气沉沉的空间站呢？把地球本身的整体自然环境复制出来，做出一个小型的透明球体在太空中航行。“我们知道，这是行得通的。”富有魅力的牧场领导者约翰·艾伦说道：“因为这其实就是生物圈每天在干的事情，我们要做的，只不过是找出合适的规模。”

在离开牧场之后，协作牧场的成员仍在继续努力实现这隐秘的生活方舟的梦想。1983年，得克萨斯州的艾德·巴斯，前牧场成员之一，利用家族非常雄厚的石油财富的一部分，为建造这个方舟的实证原型提供了资金。

跟NASA不一样，协作牧场人解决问题靠的不是技术。他们的想法是尽可能多地在密封的玻璃圆顶屋内添置生物系统——植物、动物、昆虫、鱼还有微生物，然后，依靠初始系统的自我稳定倾向自行组织出一个生物圈的大气。生命经营的事业就是改造环境使其有益于生命。如果你能把生物聚拢成为一个群落，给它们充分的自由制造自己茁壮成长所需的条件，这个生物集合体就能够永远生存下去，也没有必要知道它是怎样运转的。

实际上，不仅它们不知道，生物学家们也并不真正知道植物到底是怎么工作的——它到底需要什么，又生产出了什么——也根本不知道一个封闭在小屋子里的分布式微型生态系统到底会怎样运转。他们只能依靠分散的、不受控制的生命自己理出头绪，从而达到某种自我加强的和谐状态。

还没有人建造过这么大的生命体。就连高梅兹那时也还没有建造他的珊瑚礁。协作牧场人对克莱尔·福尔索姆的生态球也只有个模糊的概念，而对俄罗斯的生物圈三号试验的了解就更少了。

这个小团体——如今自称为太空生物圈企业**SBV** [\[8\]](#)，利用艾德·巴斯资助的数千万美金，在20世纪80年代中期，设计建造了一个小棚屋大小的试验装置。小棚屋里塞满了一个暖房那么多的植物，一些负责水循环的别致的管道，几个灵敏的环境监控装置的黑箱子，还有一个小厨房和卫生间，当然还有很多玻璃器皿。

1988年9月，约翰·艾伦把自己封闭在这个装置中进行了第一次试验，为期3天。跟叶夫根尼·舍甫列夫那勇敢的一步类似，这也是一次基于信念的行动。虽然是通过理性的推测精选出来了植物，但这些植物作为一个系统怎样才能工作得好，却是完全不受控制的。和高梅兹辛苦得来投放顺序相反，**SBV**的家伙们只是把所有的东西一股脑儿往里一扔。这个封闭的家园至少能依靠某些个品种的植物来满足一个人的肺活量。

测试的结果非常令人鼓舞。艾伦在他9月12日的日记中写道：“看起来，我们——植物、土壤、水、阳光、夜晚还有我，已经接近了某种均衡。”在这个大气循环达到100%的有限生物圈中，“可能原本都是由人类活动产生的”47种微量气体的含量降到了微乎其微的水平，这是因为小棚屋的空气是透过植被土壤传送的——**SBV**把这种古老的技术现代化了。跟舍甫列夫的实验不同的是，当艾伦走出来的时候，里面的空气是清新的，完全可以接纳更多的人进去生活。而对于外边的人来说，吸一口里面的空气，就会震惊于它的湿润、浓厚和“鲜活”。

艾伦的试验数据表明，人类可以在这个小屋子里生活一段时间。后来，生物学家琳达·利在这个小玻璃棚里过了三个星期。在21天的独居结束之后，她跟我说：“一开始我担心自己是否能忍受呼吸里面的空

气，不过两个星期之后我就几乎不再注意那里的湿气了。事实上，我感到精力充沛，更舒适，也更健康了，也许是因为密闭植物清洁空气、制造氧气的天性使然。而大气即使在那个空间里，也是稳定的。我觉得这个测试模块完全可以持续两年的时间，而且大气还不出什么问题。”

在这三周的时间里，棚屋里那些精密的监测设备显示，无论是来自建筑材料，还是来自生物体的微量气体，都没有增加。尽管总的来说，大气是稳定的，但它也很敏感，任何微小的变异都能轻易地引起它的波动。当利在棚屋动土收红薯的时候，她的挖掘惊扰了制造二氧化碳的土壤生物。慌乱的虫子们暂时改变了实验室中的二氧化碳浓度。这是蝴蝶效应的一个实例。在复杂系统中，初始条件的一个小变动都可能放大，大范围影响到整个系统。这个原理通常是用这样来说明的：假设北京的一只蝴蝶扇动了一下翅膀，就会在佛罗里达州引发一场飓风。而在SBV封闭的玻璃棚屋里，蝴蝶效应是小规模的：利动了动手指，就扰乱了大气的平衡。

约翰·艾伦和另外一位协作牧场人马克·尼尔森设想在不远的将来，将火星空间站建成一个巨型封闭式系统瓶。艾伦和尼尔森逐渐推演出一种名为生态技术的混合技术，这种混合技术基于机器和活生物体的融合而建立，旨在支持未来人类外星移民。

他们对上火星的事是极其认真的，而且已经开始解决细节问题了。为了去火星甚至更远的地方旅行，你需要一组工作人员。到底需要多少人呢？军事长官、探险队领队、创业经理以及危机处理中心的人对此早有认识。他们认为，对于任何一个复杂、危险的项目来说，最理想的团队人数是8个人。超过8个人，会造成决策缓慢和耽搁；而少于8个人，突发事件或者疏忽大意就会变成严重的阻碍。艾伦跟尼尔森决定采用8人一组制。

下一步：要想为8个人无限期地提供庇护、食物、水和氧气，这个瓶装世界要有多大？

人类的需要是相当确定的。每个成年人每天大概需要半公斤食物，一公斤氧气，1.8公斤饮用水，美国食品及药物管理局（FDA）建议的维他命量，以及几加仑用来洗涮的水。克莱尔·福尔索姆从他的小生态圈中得到推算结果。按照他的计算，你需要一个半径为58米的球体——半是空气半是微生物的混合液——来为一个人提供无限期的氧气供应。接着，艾伦和尼尔森提取了俄罗斯生物圈三号的试验数据，并把它跟福尔索姆、索尔兹巴利以及其他从密集栽培农业收获的数据结合在一起。根据20世纪80年代的知识和技术，需要3英亩（大约1.2万平方公里）的土地才能养活8个人。

3英亩！那个透明的容器必须得像阿斯托洛圆顶体育馆 [\[9\]](#) 那么大了。这么大的跨度至少需要50英尺（15米多）高的穹顶，外面再罩上玻璃，它真会成为一个不寻常的景观。当然也相当昂贵。

不过，它一定会很壮观！他们一定会建成它！凭借艾德·巴斯的进一步资助，他们也做到了，总共追加了一亿美元。这个8人方舟的工程，于1988年正式动工。协作牧场人把这个宏大的工程称为生物圈二号（Bio2），我们地球（生物圈一号）的盆景版。建成这个“盆景”耗费了三年时间。

## 8.5 在持久的混沌中进行的实验

生物圈二号跟地球相比是小，但是作为一个完全自足的玻璃容器，在人类眼里，它的规模就很令人震撼了。生物圈二号这个巨型玻璃方舟有机场飞机库那么大。至于它的形状，你可以想象一艘全身透明的远洋轮船，再把它倒过来就是了。这个巨大的温室的密闭性超

强，连底部也是密封好的——在地下25英尺的位置埋了一个不锈钢的托盘来防止空气从地下泄露出去。没有任何气体、水或者物质能够出入这个方舟。它就是一个体育馆大小的生态球——一个巨大的物质封闭、但能量开放的系统，只不过要复杂得多。除了生物圈一号（地球）之外，生物圈二号就是最大的封闭式活系统了。

要想创建一个有生命的系统，无论大小，所面临的挑战都令人心生畏惧。而创建一个像生物圈二号这么大的生命奇迹，只能说这是一种在持久的混沌中进行的实验。我们面临的挑战有：首先要在几十亿种组件中挑选出几千个合适的物种；然后把它们合理地安排在一起，让它们能够互通有无，以便这个混合物整体能任凭时间流逝而自我维持；还要保证没有任何一种有机体以其他有机体为代价在这个混合体中占据主宰的位置，只有这样，这个整体才能保证它所有成员都不断地运动，不会让任何一种成分边缘化；同时保证整个活动和大气气体的组分永远维持在摇摇欲坠的状态。噢，对了，人还得在里面活得下去，也就是说，里面得有东西吃，有水喝，而食物和水，也都要从这个生态圈中获取。

面对这些挑战，SBV决定把生物圈二号的存亡问题，托付给这样一条设计原则：生命体大杂烩那不寻常的多样性能够达成统一的稳定性。而生物圈二号这个“实验”，即使证明不了别的什么，至少能够为我们理解下面这条在过去的20年间几乎被所有人都认可的假设提供某些帮助：多样性保证了稳定性。它还可以检验某种程度的复杂性是否可以诞生自我延续性。

作为一个具有最大多样性的建筑，在生物圈二号最终的平面设计图中有7个生态区（生物地理的栖息环境）。玻璃苍穹下，一个岩石面的混凝土山直插穹顶。上面种着移植过来的热带树木，还有一个喷雾系统：这个合成的山体被改造成了一片雾林，也就是高海拔地区的雨林。这片雾林向下融入一片高地热带草原（有一个大天井那么大，但



是长满了齐腰高的野草）。雨林的一边在一面悬崖边住脚，悬崖下探至一个咸水湖，里面配有珊瑚、色彩斑斓的鱼类，还有龙虾。而高地草原则向下延伸到一片更低更干燥的草原上，黑黢黢地布满了多刺、纠结的灌木丛。这个生态区叫作多刺高灌丛，是地球上最常见的动植物栖息地之一。在真实世界中，这种地域对人类来说几乎是不可穿越的（因此也被忽视了）。但是在生物圈二号，它却为人类和野生动物提供了一小块隐居地。这片植物丛又通往一小块紧凑湿软的湿地，这就是第5个生态区了，它最后注入了咸水湖。而在生物圈二号的最低处，是一片沙漠，大小跟一个体操馆差不多。由于里面湿度非常的大，所以种植的是从下加利福尼亚和南美移植来的雾漠植物。在这块沙漠的一边，就是第7个生态区：一块密集农业区和城市区，这里就是8个现代人种植食物的地方。跟诺亚的方舟一样，这里面也有动物。有些是为了作食用肉，有些是为了当宠物养，还有些逍遥自在：在荒野漫游的蜥蜴，鱼以及鸟类。另外还有蜜蜂、番木瓜树、海滩、有线电视、图书馆、健身房和自助洗衣房。乌托邦啊！

这东西规模大得惊人。有一次我去参观他们的建筑工地，有一台18轮的半挂大卡朝生物圈二号的办公室开去。司机从车窗里斜探出身子问他们想要把海放在哪里，他拖来了一整车的海盐，还要在天黑之前把这车东西卸下来。办公室的工作人员指了指工地中心的一个大洞。在那里，史密森学会 [\[10\]](#) 的瓦尔特·阿迪正在建一个100万加仑的海，有珊瑚礁，有湖沼。在这个巨大的水族箱里，有足够紧凑的空间让各种惊喜出现。

造一个海并不是容易的事情。不信你可以去问高梅兹还有那些喜欢摆弄咸水水族箱的业余爱好者们。阿迪曾经在史密森学会的一个博物馆开馆前给它培养过一个人造的、能够自我再生的珊瑚礁。不过生物圈二号的这个海极大，它有自己的沙滩。它的一端是一个昂贵的波浪生发泵，给珊瑚提供它们所喜爱的湍流。就是这个机器，还可以按照月亮盈缺的循环周期制造出半米高的海潮。

司机把海卸下来了：一堆每包重50磅（约22.6公斤）的速溶大海，跟你在热带水族店里买的没什么两样。稍后，另一辆卡车会从太平洋拉来含有合适微生物（类似发面团用的酵母）的启动溶液，然后搅和好，倒进去。

负责修建生物圈二号野生物区的那些生态学家属于一个学派。他们认为：土壤加上虫子就是生态学。为了获得你想要的那种热带雨林，你需要有合适的丛林土壤。为了能在亚利桑那州得到这样的土壤，你必须从零开始。用推土机铲一两斗的玄武岩、一些沙子和一些粘土，再撒进去一点合适的微生物，然后混合到位。生物圈二号中的所有6个生态区下面的土壤，都是这样辛苦得来的。“我们一开始没有意识到的是，”托尼·博格斯说，“土壤是活的。它们会呼吸，而且跟你呼吸得一样快。你必须像对待有生命的东西一样对待土壤。最终是土壤控制着生物区系。”

一旦拥有了土壤，你就可以扮演诺亚的角色了。诺亚把所有能活动的东西都弄上了他的方舟，当然这种做法在这里肯定是行不通的。生物圈二号封闭系统的设计者不断地返回到那个让人又气恼又兴奋的问题上：生物圈二号到底应该吸纳哪些物种？现在问题已经不仅仅是“我们需要什么样的有机体才能正好对应上8个人的呼吸”了。现在的难题是“我们得选什么样的有机体才能对应上盖亚？”什么样的物种组合，才能生产出供呼吸的氧气、供食用的植物、喂养食用动物（如果有的话）的植物，以及供养食用植物的物种？我们如何才能随使用有机体编织出一张自我支持的网络？我们怎样才能启动一种共同进化的回路？

几乎可以任举一种生物为例。绝大多数的水果都需要昆虫来授粉。所以如果你希望生物圈二号里有蓝莓，你就需要蜜蜂。但是你要想让蜜蜂在蓝莓准备好授粉的时候飞过来，你就要让它们在其他季节也有花采。可如果你要为蜜蜂提供足够的应季花朵以免它们饿死，那

其他的植物就没地方摆了。那么，也许可以换另外一种同样能够授粉的蜂？你可以用草蜂，一点点花就能养活它。可是它们不去为蓝莓以及其他几种你想要的果实授粉。那么，蛾子呢？以此类推，你就会一直在生物目录上这么找下去了。要分解枯朽的木本植物，白蚁是必需的，但人们发现它们喜欢吃窗户边上的密封胶。那么，又到哪里去找一种能够替代白蚁，同时又能和其他生物和平共处的益虫呢？

“这个问题挺棘手”，这个项目的生态学顾问彼得·沃肖尔说，“想要挑出100样生物，然后让它们组成一个‘野生环境’，哪怕从一个地方来挑，也是相当难的事情。而在这里，因为我们有这么多的生态区，我们得从世界各地把它们挑出来混合在一起。”

为了要拼凑起一个合成生态区，六七个生态学家一起坐下来玩这个终极拼图游戏。每个科学家都是某个方面的专家，要么是哺乳动物、昆虫、鸟类，要么是植物。尽管他们了解一些莎草和池蛙的情况，但是他们的知识很少是可以系统地加以利用的。沃肖尔叹息道：“如果什么地方能有一个关于所有已知物种的数据库，里面列出它们的食物和能量要求、生活习性、所产生的废物、相伴物种、繁育要求诸如此类的东西就好了。但是，现在连与之稍微有点类似的都没有。就是对那些相当常见的物种，我们了解的也很少。事实上，这个项目让我们看到，我们对任何物种都所知甚少。”

在设计生态区的那个夏天，急待解决的问题是：“呃，一只蝙蝠到底要吃多少蛾子？”到最后，选出一千多种较高等生物的工作，实质上成了有根据的猜测和某种生物外交活动。每一个生态学家都列了一个长长的待选名单，里面有他们最钟意、可能是最多才多艺、也最灵活的物种。他们的脑子里满是各种相互冲突的因素——加号、减号，喜欢跟这家伙在一起，又跟那个处不到一块。生态学家们推测生物竞争对手的竞争力。他们为帮助生物争取水和日照的权利而斗争。就好像

他们是一些大使，为了保护他们所选出那些物种的地盘不被侵占而进行着外交努力。

“我的海龟需要那些从树上掉下来的果实，越多越好，”说这话的是生物圈二号的沙漠生态学家托尼·博格斯，“可是海龟会让果蝇无法繁育，而沃肖尔的蜂鸟需要吃果蝇。我们是不是应该种更多的树来增加剩余果实的数量，要不就把这块地方用作蝙蝠的栖息地？”

于是，谈判开始了：如果我能为鸟类争取到这种花，你就可以保留你的蝙蝠。偶尔，彬彬有礼的外交活动，也会变成赤裸裸的颠覆行为。管沼泽的家伙想要他挑的锯齿草，可沃肖尔不喜欢他的选择，因为他觉得这个物种太富攻击性，而且会侵略到他照看的那片干地生态群系。最后，沃肖尔向管沼泽的家伙的选择做了有条件的让步，不过，半真半假地找补了一句：“噢，反正也没有大不了的，因为我正准备种些高点的大象草来遮住你的那些东西。”管沼泽的家伙回敬说他正准备种松树，比这两个都高。沃肖尔开怀大笑，发誓说他一定会在边缘地带种上一圈番石榴树作为防御墙，这种树倒是不比松树高，可是它长得快，而且要快得多，可以提前占领这个生态位。

物物相关使规划成了一场噩梦。生态学家们喜欢采用的一种做法是在食物网络中设立冗余的路径。如果每个食物网络中有多条食物链，那么，假设沙蝇死绝了，还有其他的東西可以成为蜥蜴的备选食物。所以说，他们的做法不是要去跟那个纠结复杂的相互关系网斗争，而是去发掘它。而要做到这一点的关键，就是要发现具备尽可能多的替代能力的生物体，只有这样，当物种的某种角色不起作用了，它还有另外一两个方法来完善某个物种的循环回路。

“设计一个生态群系，实际上是一个像上帝一样去思考的机会，”沃肖尔回忆说。你，作为一个上帝，能够从无中生有某种有来。你可以创造出某些东西——某些奇妙的、合成的、活生生的生态系统，但是对于其中到底会进化出什么，你是控制不了的。你能所做的

唯一的事情，就是把所有的部件都归拢到一起，然后让它们自己组装成某种行得通的东西。瓦尔特·阿迪说：“野外的生态系统是由各种补丁拼凑起来的。你向这个系统中注入尽可能多的物种，然后让这个系统自己去决定它到底想要哪块物种补进来。”事实上，把控制权交出去，已经成为“合成生态学的原则”之一。“我们必须接受这样一个事实，”阿迪继续说，“蕴含在一个生态系统中的信息远远超过了我们头脑中的信息。如果我们只对我们能够控制和理解的东西进行尝试，我们肯定会失败。”所以，他警告说，自然生成的生物圈二号生态，其精确的细节是无法预测的。

可细节却是至关重要的东西。8条人命就靠这些形成生物圈二号的整体的细节上。生物圈二号的造物主之一，托尼·博格斯，为沙漠生态群系订购了沙丘上的沙子让卡车运进来，因为生物圈二号有的只是建筑用沙，而对于陆龟来说，这种沙子太尖利，会划破它们的脚。“你必须好好地照顾你的龟，这样它们才能照顾好你。”他说这话的时候，有一种神父一样的语气。

在生物圈二号头两年中，那些到处乱跑、照顾着这个系统的生物数量非常少，因为没有足够的野生食物来让它们大规模地生存。沃肖尔几乎没有把像猴子一样的非洲婴猴放进去，因为他不能肯定初生的洋槐能否为它们提供足够的咀嚼物。最后他放了4只婴猴在里面，又在方舟的地下室里存放了几百磅救急用的猴嚼谷。生物圈二号其他野生动物居民还有豹纹龟、蓝舌石龙子（“因为它们是通才”——不挑食）、各种蜥蜴、小雀类，以及袖珍绿蜂鸟（部分原因是为了授粉）。“绝大多数的物种都会是袖珍型的，”在封闭之前，沃肖尔告诉《发现》杂志的记者，“因为我们确实没有那么大的空间。事实上，最理想的是我们能连人也弄成袖珍的。”

这些动物，并不是一对一对地放进去的。“要想保障繁殖，雌性的比例应该高一点，”沃肖尔告诉我，“原则上，我们想让雌性和雄性的

比例达到5:3。我知道主管约翰·艾伦说的8个人——4男4女，这对于人类的新建殖民地和繁殖来说是最小的规模了，但是从符合生态学而不是符合政治观点来看，生物圈二号的组员其实应该是5个女性、3个男性。”

有史以来第一次，创造一个生物圈的谜题逼得生态学家们不得不像工程师那样去考虑问题了：“需要的东西都齐了，用什么样的材料才合适？”与此同时，参与这个计划的工程师们，则不得不像生物学家那样去思考问题：“这可不是土，这是活物！”

对生物圈二号的设计者们来说，一个难以解决的问题是为雾林造雨。降雨很难。最初的计划比较乐观，就是在覆盖丛林分区的85英尺高的玻璃屋顶的最高处安一些冷凝管。这些冷凝管会凝结丛林中的湿气，形成温和的雨滴从天顶降下——真正的人工雨。但是，早期的测试表明，这种方式获得的雨水出现的次数非常少，而一旦出现，又太大、太具有摧毁性，根本不是计划中的那种植物所需的温柔持续的雨水。第二个获得雨水的计划寄热望于固定在上空框架上的洒水装置，但事实证明这个办法简直是维护方面的一个噩梦：在两年的时间里，这些被打了精细的小孔的喷雾装置，肯定需要疏通或更换。最后的设计方案是把散置在坡面上的水管在末端装上水雾喷头，然后把“雨水”从这些喷头里喷出来。

生活在一个物质封闭的小系统里面，有一点未曾预料得到，那就是水不仅不缺，而且还颇为充裕。在大约一周的时间里，所有的水都完成了一次循环，通过湿地的处理区中微生物的活动而得到了净化。当你的用水量加大时，也不过是稍微加快了水进入循环的速度罢了。

生命的任何领域都是由数不清的独立的回路编织而成的。生命的回路——物质、功能和能量所遵循的路线——重重叠叠、横七竖八地交织起来，形成解不开的结，直至脉络莫辨。显现出来的只有由这些



回路编结而成的更大的模式。每个环路都使其他环路变得更强，直至形成一个难以解开的整体。

这并不是说，在包裹得严严实实的生态系统中，就没有什么灭绝的事情发生。一定的灭绝率，对于进化来说是必要的。在之前做部分封闭的珊瑚礁的时候，瓦尔特·阿迪所得到的物种流失率大概是1%。他估计在第一个两年周期结束的时候，整个生物圈二号中的物种会有30%~40%的下降（我在写这本书的时候，耶鲁大学的生物学家们还没有完成物种流失的研究，目前正在清点生物圈二号重新开放之后的物种数量 [\[11\]](#)。）

不过阿迪相信，他已经学会如何培育多样性了：“我们所做的，就是塞进去比我们希望能活下来的物种数量更多的生物。这样流失率就会降下来。特别是昆虫和低等生物。之后，等到新一轮重新开始的时候，我们就再过量地往里塞，不过换一些有些许差别的物种——这是我们的第二次猜想。可能会发生的情况是，这一次还是会有大比例的损失，也许是四分之一。但是我们在下一次封闭的时候再进行重新注入。每一次，物种的数量都会稳定在一个比上一次高一点的水平上。而系统越复杂，它所能容纳的物种就越多。当我们不断这样做下去的时候，多样性就确立起来了。而如果你把生物圈二号在最后所能容纳的物种都在第一次就放进去，这个系统就会在一开始就崩溃。”可以说，这个巨大的玻璃瓶，其实是个多样性的泵机——它能增加多样性。

留给生物圈二号的生态学家的一个巨大问题，就是如何以最佳方式启动初始多样性，使它成为后续多样性成长的杠杆。而这个问题，跟那个如何能把所有的动物都装到方舟上去的实际问题是紧密相关的。你要怎么做，才能把3000个互相依存的生物塞到笼子里去——还得是活着的？阿迪曾经提出过这样一个建议：用缩写一本书的方法压缩整个生态群系，然后把它挪进生物圈二号那个相对来说缩小了的空

间，也就是说，选择分散在各处的精华，然后把它们融合进一个取样器。

他在佛罗里达州的埃弗格莱兹地区选了一块30英里长的优良的红树林沼泽，把它一格格地勘查了一遍。按照盐分含量的梯度，大约每半英里就挖一小方红树根（4英尺深、4平方英尺大）。把这带有多叶的枝条、根、泥以及附着在上面的藤壶的样本装箱拉上岸，这些分段取出的沼泽样本，每一块的含盐量都因其中稍有不同的微生物而略有不同。在和一些把红树认作芒果 [\[12\]](#) 的农业海关人员长时间谈判之后，这些沼泽样本被运回了亚利桑那州。

就在这些来自大沼泽区的泥块等着被放进生物圈二号的沼泽里的同时，生物圈二号的工人们把水密箱和各种管道组成的网络钩连起来，使其形成一个分布式的盐水潮。然后大约30块立方体就被重新安放在了生物圈二号里。开箱之后，重新形成的沼泽，只占了小小的90×30英尺的地方。不过在这个排球场大小的沼泽中，每个部分都生活着越来越多的嗜盐微生物的混合体。这样一来，从淡水到盐水的生命流，就被压缩到了一个鸡犬相闻的范围之中。对于一个生态系统来说，要运用与此类似的方法，规模是其关键问题的一部分。比如说，当沃肖尔鼓捣那些用来制造一个小型稀树草原的各部分的时候，他摇着头说：“我们最多也就把大约一个系统的十分之一的品种搬进了生物圈二号。至于昆虫，这个比例差不多接近百分之一。在西部非洲的一片稀树草原上会有35种虫子。而我们这里最多也就3种。所以，问题在于：我们到底是在弄草原还是在弄草坪？这当然要比草坪强……可到底能强多少，我就知道了。” [\[13\]](#)

## 8.6 另外一种合成生态系统

获取自然环境中的某些部分，再将它们重新组装成湿地或者草原，只是建立生态区的办法之一，生态学家们把这种办法叫作“比对”法。这种办法的效果似乎还不错，但是，正如托尼·博格斯所指出的：“这个办法其实有两种途径。你可以模拟在自然界中发现的某个特定的环境，或者参照多个环境创造一个合成的环境。”生物圈二号最终成了一个合成的生态系统，其中有很多比对的部分，比如阿迪的沼泽。

“生物圈二号是一种合成的生态系统，而现在的加利福尼亚也是一种合成的生态系统。”博格斯说。沃肖尔也同意这种观点：“你在加利福尼亚州所看到的，其实是未来的一个征兆。一种程度很深的合成生态。它有数百种非本地的物种。澳大利亚的很多地方也在朝着这条路走。而且红杉树/桉树林其实也是一种新的合成生态。”在这个飞机传播的世界，很多物种有意无意地搭上飞机，从它们的原生地传播到它们原本根本不能到达的远方，造就了许多不同的生态系统。沃肖尔说：“第一个使用合成生态（*synthetic ecology*）这个词的人是瓦尔特·阿迪。之后我意识到其实在生物圈一号里已经有了大量的合成生态。而我并没有在生物圈二号中发明一个合成的生态，我只是把早已经存在的东西进行了复制而已。”康奈尔大学的爱德华·密尔斯已经在北美五大湖中识别出了136种来自欧洲、太平洋和其他地方的鱼，它们已经在五大湖地区兴旺发达了。“也许五大湖地区绝大多数的生物量其实都是外来的，”密尔斯宣称，“它现在已经是一个十足的人造系统了”。

我们不妨开发一门关于合成生态的科学，反正我们已经在不经意间创造了合成生态。很多古生态学家认为，人类早期的整个活动谱系——打猎、放牧、放火烧荒以及对草药的选择和收集，已经在荒野打造出了一种“人工的”生态，确切地说，就是依靠人类的技能大大改变了的生态。所有那些我们觉得是自然的、未受侵犯的野生环境，其实都充满了人为和人类活动的痕迹。“很多雨林实际在很大程度上处于印第安土著的管理之下，”博格斯说，“可是等到我们进去的时候，我们

做的第一件事就是清除印第安人，于是管理技能就消失了。我们之所以认为这片老树是原始雨林，是因为我们自己所知道的唯一的管理树木的方式就是把树砍掉，而这里没有明显的砍伐痕迹。”博格斯相信，人类活动的痕迹留得很深，根本不会被轻易抹除。“一旦你改变了生态系统，并找到适合播种的种子，以及必不可少的气候窗口，改变就开始了，而且这是不可逆转的。这个合成的生态系统持续运转下去并不需要人的存在，它不受干扰地运转。加利福尼亚的人即使都死了，现在这个合成的动植物群落仍会保持下去。这是一种新的亚稳定状态[14]，只要现有的自我强化的条件不变化，它就会一直如此。”

博格斯认为：“加利福尼亚、智利以及澳大利亚正在非常迅速地会聚合流，成为同样的合成生态。同样的人，同样的目的：弄走那些古老的食草动物，换上生产牛肉的牛。”作为一个合成的生态，生物圈二号实际上正预示着未来的生态学。显然，我们对自然界的影响并没有消失。而也许生物圈二号这个大玻璃瓶能够教会我们如何人工地演化出一种有用的、破坏性更小的合成生态。

当这些生态学家存心装配第一个合成生态的时候，他们尝试着设计了几条他们觉得对于创造任何活的封闭生物系统都非常重要的指导原则。生物圈二号的制造者们把这些原则称为“生物圈原则”。创造生物圈的时候要记住：

◎微生物做绝大部分的工作。

◎土壤是有机体。它是活的。它会呼吸。

◎创造【冗余】（多余）的食物网络。

◎逐步地增加多样性。

◎如果不能提供一种物理功能，就需要模拟一个类似的功能。

◎大气会传达整个系统的状态。

◎聆听系统：看看它要去哪里。

雨林、冻土带、沼泽本身并不是自然的封闭系统：它们相互之间是开放的。我们所知道的唯一的自然封闭系统：整体来看是地球，或者说，盖亚。说到底，我们对创造新的封闭系统的兴趣，其实还是在于调配出拥有自己生命的生态系统的实例，这样我们就能概括它们的表现，从而去理解地球系统，我们的家园。

在封闭系统中，共同进化的多样性得到了集中体现。把虾倒进一个烧瓶里然后卡死瓶颈，就好像是把一条变色龙扔进了一个镜像瓶，然后堵上入口。这条变色龙会对它自己生成的形象做出反应，就好像虾会对它自己形成的氛围做出反应一样。封了口的瓶子——当内部的回路编织成形然后又变得紧凑之后——就会加速其内部的变化及进化。这种隔绝，就跟陆栖进化的隔绝一样，培育着多样性和显著的差异性。

不过，最终，所有的封闭系统都是会被打开的，至少会出现泄露。我们可以肯定的是，无论哪一个人工制造的封闭系统，都或早或晚地会被打开。生物圈二号大约会每年封闭、打开一次。而在宇宙中，在星系时间的尺度内，星球的这种封闭体系也会被穿透，以交叉的方式相互提供生命种子——彼此交换一下物种。宇宙的生态类型是：封闭系统（各星球）中的某个星系，像被锁在镜像瓶里的变色龙那样疯狂地发明着各种东西。而时不时地，从一个封闭系统中产生出来的奇迹，就会给另外的一个封闭系统带来震撼。

在盖亚，我们所建造的那些在短暂的时间内处于封闭状态的小盖亚，绝大多数其实都只是有指导意义的辅助物。它们是为了回答一个基本问题建造出来的模型：我们对地球上这个大一统的生命体系到底

能产生什么样的影响，发挥什么样的作用？有没有我们可以达到的控制层面，要么，盖亚根本就不受我们控制？

---

[1] 喷气推力实验室：Jet Propulsion Laboratory

[2] 高级生保计划：Advance Life-support Program

[3] 华氏90度：约合摄氏32.2度。

[4] 叶夫根尼·舍甫列夫（Evgenii Shepelev）：第一位在封闭的生命系统内中生活的人类。构成该系统生物再生部分的只有小球藻。

[5] 受控生态生命保障系统：CELSS, Controlled Ecological Life Support System

[6] “水星号”：是美国的第一代载人飞船，总共进行了25次飞行试验，其中6次是载人飞行试验。“水星号”飞船计划始于1958年10月，结束于1963年5月，历时4年8个月。

[7] 弗兰克·索尔兹巴利（Frank Salisbury）：1955年获加州理工学院植物生理学/地球化学博士学位，先后在波摩纳学院、科罗拉多州立大学任教，1966年到犹他州州立大学农业学院担任新建立的植物科学系主任直至退休。研究范围包括开花生理学、雪下植物生长、受控环境下的植物生长（以向宇航员提供食物和氧气）以及植物对地心引力的反应等。

[8] 太空生物圈企业（SBV - Space Biosphere Ventures）：是生物圈二号最早的管理机构，由石油大亨爱德·巴斯提供部分资金。该机构的投资人试图从项目进程中获取商用技术。1996年美国哥伦比亚大学加入，建立生物圈二号中心股份公司。该合资公司将生物圈二号的设施改造成成为会议、教学以及日后短期的不包括人类的人造生态系统研究基地。

[9] 阿斯托洛圆顶体育馆：耗资3100万美元、于1965年兴建完成的这一运动场是目前世界上最大的一座室内运动场，内部装有冷暖气设备。棒球、足球、赛马，以至于马戏团表演，都可以在室内进行。紧邻的阿斯托洛世界（Astro World）是一个规模极大的娱乐中心，游客可以观赏欧洲各种村落的景色，也能够欣赏各类表演。

[10] 史密森学会（Smithsonian Institution）：英国科学家詹姆斯·史密森去世后遵照其遗嘱，在1836年将时值50万美金（约合2008年的1000万美金）的遗产馈赠给美国政府，并在8年后设立了史密森尼学会。今天，史密森尼学会已成为世界上最大的博物馆系统和研究机构联合体，拥有19处博物馆和动物园，以及9个研究中心。

[11] 生物圈二号的物种流失：由于物种关系失调，热带雨林植物和葡萄藤在高二氧化碳浓度下过度生长；所有传播花粉的昆虫消失，大多数植物灭亡；外来侵入的蚂蚁和其依生物以及微生物成为独占物种；引入的25种脊椎动物中有19种消失。

[12] 红树认作芒果：英语中，红树（mangroves）和芒果（mangoes）的拼写很接近。

[13] 生物圈二号的结局：在经过两年半的实验后，生物圈二号宣告其长期维持8个人生存的努力失败。原因主要有化学元素循环平衡失调、物种关系失调、水循环失调、食物短缺等。2005年该工程被出售，现在已用于观光和社区建设。



[14] 亚稳态: **meta-stable state**, 又称脆弱的平衡态, 多见于弱力作用的物理和化学系统。系统处于亚稳态也满足平衡条件和稳定性条件。但是该系统往往受外界小的干扰时, 即向稳定的平衡态过渡。

## 第九章 “冒出”的生态圈

### 9.1 一亿美元玻璃方舟的副驾驶

“我觉得自己仿佛身处遥远的太空。”罗伊·沃尔福德通过视频连线对记者说。自1991年9月26日至1993年9月26日，方舟进行了首次为期两年的封闭实验，罗伊是当时住在生物圈二号里的人之一。在那段时间里，8个人，或者说是8个生物圈人，断绝了与地球上一切其他生命的直接联系，远离了由生命推进的所有实实在在的物质流，他们在袖珍盖亚中构建了一个与世隔绝的、自治的生命圈，并生活在其中。他们仿佛住进了太空。

沃尔福德身体健康，但是却奇瘦无比，给人吃不饱饭的感觉。在那两年里，所有的生物圈人都没有吃过饱饭。他们的超微型农场一直受到虫害的困扰。由于他们不能向这些肆虐的小动物喷洒农药——否则稍后就得饮用蒸馏过的水了，所以他们只能忍饥挨饿。绝望的生物圈人曾一度匍匐在马铃薯的垄沟，用便携式吹风机驱赶叶片上的小虫，但是没有成功。结果，他们总共失去了5种主食作物。其中一位生物圈人的体重更是从208磅骤减至156磅。不过，他为此做了充分的准备，随身带了几件刚来时穿还嫌太小的衣服。

一些科学家认为，一开始就让人类生活在生物圈二号中并不是最有效的方式。他们的自然学家顾问彼得·沃肖尔说：“作为一名科学家，我更赞同第一年只把最底层的两三种生物封闭其中：放入单细胞微生物以及更低等的生物。我们就可以观察这个微生物小宇宙是如何

调节大气的。接下来，再把所有东西都放进去，把系统封闭一年，比较其间的变化。”一些科学家认为，难以伺候的现代人类根本就不应该进入生物圈二号，人类在里面仅仅是增添了一些娱乐色彩。还有许多科学家确信，相比于发展人类在地球以外生存技术的实用目标，生态研究毫无意义。为了评判在这个项目的科学意义和进程安排上的对立观点，生物圈二号的资助者艾德·巴斯先生授权成立了一个独立的科学顾问委员会。1992年7月，他们递交了一份报告，肯定了这项实验的双重意义。报告阐述如下：

委员会认识到，生物圈二号工程至少能对两大科学领域做出显著贡献。其一，让我们了解封闭系统的生物地球化学循环。从这个角度来说，生物圈二号比以往所研究过的封闭系统都要大得多，也复杂得多。在以往的研究中，人类除去对系统进行观察和测量外，并没有必要出现在封闭系统中，因而其重要性也有所折扣。其二，让我们获得了在封闭的生态系统中维持人类生存和生态平衡的知识和经验。综上所述，人类的存在正是这项实验的核心。

作为后一种情况的例子，人类居住在封闭系统里的第一年，就产生了一个完全出乎意料的医学结果。对这群与世隔绝的生物圈人的常规血液测试表明，他们血液中的杀虫剂和除草剂浓度增加了。因为生物圈二号里任何一个环境因素都受到持续而精确的监控，可以说是有史以来受监控程度最严密的环境，所以科学家们知道这里面不可能存在任何杀虫剂或是除草剂。他们甚至在一位曾经在第三世界国家生活过的生物圈人的血液里，找到了美国20年前就禁止使用的杀虫剂成分。根据医生的推测，由于日常食物有限，生物圈人的体重大幅度下降，于是开始消耗过去储存在体内的脂肪，导致几十年前残留在脂肪中的毒素释放出来。在生物圈二号建成之前，精确测试人体内的毒素并没有什么科学意义，因为没有办法严格控制人们的饮食，甚或是呼吸的空气和接触的事物。但现在有了。生物圈二号不仅提供了一个精

确追踪生态系统中污染物质流向的实验室，也提供了一个精确追踪污染物在人体内流动的实验室。

人体本身是一个巨大的复杂系统——尽管我们有先进的医学知识，但是仍未被探明，我们只能将其孤立于更加复杂的生命之外加以适当的研究。生物圈二号是进行这项研究的极好方式。但是科学顾问委员会却忽略了载入人类的另一个理由，这个理由在重要性上堪比为人类进入太空做好准备；这个理由事关控制与辅助。人类将充当“通往思想之路的拇指”，成为初期到场的陪护，一旦过了那个阶段，也就不需要人类了。封闭的生态系统一旦稳定下来，人类就非必不可少了，不过，他们可能有助于稳定系统。

譬如说，从时间成本的角度看，任何一位科学家也负担不起这样的损失：任由苦心经营多年才涌现出的生态系统随时自行崩溃，不得不从头再来。而生活在生态圈里的人类可以将这个封闭系统从灾难的边缘拉回来；只要他们测量并记录下自己的所做所为，就不违背科学研究的宗旨。在很大程度上，生物圈二号这个人造的生态系统循自己的线路运行，当它滑向失控状态，或者停止运转时，生物圈人可助其一臂之力。他们与这个涌现出来的系统共享控制权。他们是副驾驶。

生物圈人共享控制权的方式之一，是起到“关键捕食者”<sup>[1]</sup>的作用——生态抑制的最后一招。超过生态位<sup>[2]</sup>的植物或动物数量都受到人类的“仲裁”，保持在合理的范围内。如果薰衣草灌木丛生长过旺，生物圈人就手起刀落，把它们劈回到合适的密度。当热带稀树草原上的草疯长，挤占了仙人掌的生存空间，他们就拼命除草。事实上生物圈人每天要花几个小时的时间在野地里除草（还不算他们在庄稼地里除草的时间）。阿迪说：“你想要建立多小的合成生态系统都随你。不过，你建立的系统越小，人类作为操刀手的作用就越大，因为他们必须表现出比施加于生态群落上的自然力量更强大的力量。我们从自然获得的施予令人难以置信。”

我们从自然中获得的施予是令人难以置信的，这是参与生物圈二号的自然科学家们一次又一次发出的信息。生物圈二号最缺少的生态施予就是扰动。突如其来不合时宜的大雨、风、闪电、轰然倒下的大树，出乎意料的事件，等等。正如同在那个迷你的“生态球”中一样，不论是温和也好还是粗暴也好，自然都需要一些变化。扰动对养分循环来说至关重要。突如其来的一场大火可以催生出一片大草原或者一片森林。彼得·沃肖尔说：“生物圈二号中的一切都是受控的，但是大自然需要狂野，需要一点点的混乱。用人工来产生扰动是一件昂贵的事情。另外，扰动也是一种沟通的方式，是不同的物种和不同的小生境间彼此打招呼的方式。诸如摇晃这样的扰动，对于最大化小生境的效率来说也是必不可少的。而我们这里没有任何扰动。”

生物圈二号中的人类就是扰动之上帝、混乱之代表。作为驾驶员，他们有责任共同控制方舟，而从另一个角度讲，他们也有责任不时制造一定的失控状态，做个破坏分子。

沃肖尔负责在生物圈二号里制造微型热带草原以及针对它的微小扰动。他说，热带草原在周期扰动的情况下进化，时不时地需要自然助力。热带草原上的植物都需要一些扰动，要么经过火的洗礼，要么遭到羚羊的啃噬。他说：“热带草原对扰动非常适应，以至于没有了扰动，它就难以维持下去。”接着他开玩笑说，可以在生物圈二号的热带草原上立一块标牌，上面写着“欢迎打扰”。

扰动是生态的必要催化剂，但是在生物圈二号这样的人工环境中复制这样的扰动却不便宜。搅动湖水的造波机既复杂、嘈杂，又昂贵，还没完没了地失灵；更糟糕的是，它只能制造非常规则的小波动——产生最小的扰动。生物圈二号地下的巨大风扇推动四周的空气，模拟风的运动，但是这样的风却几乎吹不动花粉。制造能够吹动花粉的风昂贵得让人咋舌，而火带来的烟雾也会熏倒里面的人类。

沃肖尔说：“如果我们真的要把这个工程做得完美的话，就要为青蛙模拟雷电现象，因为大雨倾盆和电闪雷鸣能刺激它们繁殖。不过我们真正模拟的不是地球，而是在模拟诺亚方舟。事实上，我们要问的问题是，我们究竟可以切断多少联系，还能保证一个物种的生存？”

“还好，我们还没有垮掉！”瓦尔特·阿迪轻声笑道。尽管一直与世隔绝，接触不到大自然的施予，他在生物圈二号创建的模拟珊瑚礁以及在史密森尼 [3] 的模拟沼泽地都还茁壮成长（某人曾对着它开大了水龙头，使其经历了一场暴风雨）。阿迪说：“只要处置得当，它们是很难被杀死的——即便偶尔处置不当也没关系。我的一个学生有一天晚上忘了拔掉史密森尼沼泽地的某个插头，致使盐水淹没了主电路板，凌晨两点的时候整个东西都炸飞了。直到第二天下午我们才修复了沼泽的抽水机，但是沼泽却活下来了。我们不知道，如果我们被这么折腾的话，能活多久。”

## 9.2 城市野草

生命在生物圈二号中不断繁衍，生生不息。生态瓶里肥沃富饶，生机勃勃。生物圈二号头两年诞生的幼崽中，最引人注目的是系统关闭后头几个月里诞生的夜猴。两只非洲矮山羊孕育了5个小生命；奥萨博岛猪 [4] 产下7只小猪；一条格纹交错的乌梢蛇在雨林边缘淡黄色地带迎来了她的3个小宝宝；蜥蜴把众多的蜥蜴宝宝悄悄藏在了沙漠岩石下面。

不过，所有的大黄蜂都死了。4只蜂鸟也都死了。围湖里的一种珊瑚（总共有40支）也走向了“灭绝”，仅存一支。所有的蓝带雀还在过渡笼里时就都死了，也许亚利桑那州异常多云的冬天太冷了，它们受不了。生物圈二号内的生物学家琳达·利很伤感，她想，如果早点把它



们放出来，说不定它们能自己找到一个温暖的藏身角落。此时，人类成了懊悔的神。而且，命运始终具有讽刺意味。在系统封闭之前，三只英国麻雀偷偷地溜进来，成了不速之客，在这里快乐地生活。利抱怨说，麻雀既傲慢又吵闹，甚至一意孤行、粗鲁不堪，而蓝带雀优雅、安宁，是悠扬的歌唱家。

斯图尔特·布兰德有一次在电话里刺激琳达：“你们这些人怎么回事？为什么不顺其自然呢？留着麻雀吧，别再想那些蓝带雀了！”布兰德极力推荐进化论：找到活下来的生物，任其自然繁殖。让生物圈告诉你自己要向何处发展。利坦白地说：“第一次听斯图尔特这么说时，我被吓了一跳，不过，我越来越赞同他的说法。”问题是，不速之客不仅只有麻雀，还有生长在人工热带大草原上的霸道的藤蔓，沙漠上的热带草原草，无处不在的蚂蚁，以及其他不请自来的生物。

城市化导致边缘物种 [\[5\]](#) 的出现。当今世界分裂成一个个的小斑块；存留下来的荒野则被分割成岛屿；那些能够繁衍生息的物种最适合在斑块间的区域茁壮成长。而生物圈二号就是各种边缘地带的紧缩合集。它单位面积所包含的生态边缘比地球上任何一个地方都要多。不过它既没有所谓的中心地带，也没有幽暗的地下世界。欧洲的大部分地区以及亚洲的许多地方，还有北美洲东部都正在逐渐显露出这个特点。边缘物种都是些机会主义分子：乌鸦、鸽子、老鼠和杂草，它们在世界各地的城市边缘随处可见。

林恩·马基莉斯，这位直言不讳的斗士、盖亚理论的合著者，在生物圈二号封闭以前就对它的前景作出了预言。她告诉我：“这个系统最终将被‘城市野草’所覆盖。”“城市野草”是指那些活跃在人类制造出来的一块块栖息地边缘的各种动、植物，它们随遇而安。而生物圈二号正是最典型的斑块化的荒野。根据马基莉斯的推测，当你最终打开生物圈二号大门的时候，你会发现里面到处都是蒲公英、麻雀、蟑螂和浣熊。

人类的任务就是防止这一切的发生。利说：“如果我们不干预的话——就是说，没有人铲除那些过于成功的物种，那么我相信生物圈二号可能会朝林恩·马基莉斯预言的方向发展：最终成为狗牙草和绿头鸭的世界。不过，因为我们在做有选择的砍伐，我想，这种结果不会发生，至少在短期内不会。”

我个人心存疑惑，不知道生物圈人能否操控由3800个物种自然生成的生态系统。在最初的两年里，云雾缭绕的沙漠变成了雾气笼罩的灌木丛——其湿度高于预期，草儿们喜欢这里。疯长的牵牛花藤越过了雨林的天蓬。为了能按自己的心愿发展，这3800个物种采取迂回、智取、暗箱操作等各种战术，一步步瓦解了生物圈人想要成为“关键捕食者”的目标。那些随遇而安的物种十分有韧劲。何况天时、地利、人和俱在，它们怎么会走呢？

有弯喙矢嘲鸫为证。有一天，一位来自美国鱼类和野生动物部门的官员出现在生物圈二号的玻璃窗外。蓝带雀的死亡上了电视新闻，动物权益活动家们不停地拨打他办公室的电话，希望他能够履行职责前来审查，看看生物圈二号里的蓝带雀是不是他们从野外捕获并带到那里致死的。生物圈人向这名官员出示了收据和其他证明文书，证明已故的蓝带雀不过是笼养的店售宠物，其身份符合野生动物部门的规定。“顺便问一句，你们这里还有什么其他种类的鸟？”他问他们。

“现在只有一些英国麻雀外加一只弯喙矢嘲鸫。”

“你们有没有饲养矢嘲鸫的许可证？”

“呃，没有。”

“你们应该知道，根据《候鸟协定》，圈养矢嘲鸫是违反联邦法律的。如果你们故意圈住它，我必须给你们开一张传票。”

“故意？不，你误会了。它是一名偷渡客，我们想方设法要把它赶出去，也试过利用一切能够想到的办法来诱捕它。以前我们没想让它进来，现在也不想让它留在这里。它吃了我们的蜜蜂、蝴蝶，还有一切它找得到的昆虫。如今，昆虫已经所剩无几了。”

狩猎监督官和生物圈人在厚厚的气密玻璃两侧面对面地交谈。尽管他们近在咫尺，却需要通过步话机谈话。这场梦幻般的对话仍在继续。生物圈人说：“瞧，即使我们把它抓住了，也没法把它放出去。我们还要被封闭在这里一年半呢。”

“噢。嗯，我知道了。”监督官停了一下，“那好，既然你们不是有意把它圈起来的，那我就给你们发一张圈养矢嘲鸫的许可证，你们可以在开启系统以后，再把它放出来。”

有没有人愿意打赌它永远也不会出去？

顺其自然就好。不同于脆弱的蓝带雀，精力充沛的麻雀和倔强的矢嘲鸫都爱上了生物圈二号。矢嘲鸫自有它迷人的魅力。清晨，它的妙曼歌声飘越荒野；白天，它为劳动中的“关键捕食者”们喝彩。

生物圈二号里自行交织在一起的杂乱生物都在奋力抗争。这是一个共同进化的世界，生物圈人不得不和这个世界一起进化。而生物圈二号正是专为测试一个封闭系统如何共同进化而建造的。在一个共同进化的世界里，动物栖居的大气环境及物质环境和动物本身一样，适应性越来越强，也越来越栩栩如生。生物圈二号是一个试验工作台，用来揭示环境如何统治浸入其中的生物，以及生物如何反过来支配环境。大气是极为重要的环境因素，大气产生生命，而生命也产生大气。结果表明，生物圈二号这个透明的玻璃容器是观察大气和生命交互作用的理想场所。

## 9.3 有意的季节调配

在这个密闭程度高于任何NASA太空舱数百倍的超级密封世界里，大气中充满了惊喜。首先，空气纯净得出人意料。在以往的封闭栖息地和类似NASA航天飞机这样的高科技封闭系统中，微量气体累积的问题实在令人头疼，而这片荒野的集体呼吸作用却消除了这些微量气体。某种未知的平衡机制（很可能是由微生物引起的）净化了这里的空气，使生物圈二号里的空气比迄今为止任何空间旅行器中都要干净得多。马克·尼尔森说：“有人算过，为了保证一名宇航员能在太空舱里生存，每年约需花费1亿美元，而其居住环境却恶劣得令人难以想象，甚至不如贫民区。”马克跟我提到他的一个熟人，说她曾经有幸迎接返航的宇航员。他们做着开舱准备的时候，她正激动地站在摄像机前面等着。他们打开了舱门，一股难闻的气味扑面而来，她吐了起来。马克说：“这些家伙真是英雄，居然在这么差的环境下撑了过来！”

两年中，生物圈二号内的二氧化碳含量时高时低。有一次，连续6天阴天，二氧化碳的含量高达3800ppm [6]。让我们来看一组形象的对比数字：外部环境中的二氧化碳含量通常保持在350ppm左右；闹市区的现代化办公室内，二氧化碳含量可能会达到2000ppm；潜艇在开启二氧化碳“净化器”以前，允许艇内的二氧化碳含量达到8000ppm；NASA航天飞机空气中二氧化碳的“正常”含量是5000ppm。相比之下，生物圈二号在春季里日均1000ppm的二氧化碳含量已经相当不错了；二氧化碳含量的波动也完全处于普通城市生活环境的变动范围内，人体几乎难以察觉。

不过，大气中二氧化碳含量的波动确实影响到了植物和海洋。在二氧化碳含量高得令人紧张的那几天，生物圈人担心空气中增加的二氧化碳会溶解在温暖的海水中，增加水中的碳酸比例，降低水的PH

值，伤害到新近移植过来的珊瑚。生物圈二号的部分使命就是了解二氧化碳的增加对生态的进一步影响。

地球大气的成分似乎在变化，这引起了人们的注意。但是，我们只能肯定它在变化，除此以外，我们对这种变化的表现几乎一无所知。历史上仅有的精确测量只与一个因素有关——二氧化碳。有关数据显示，近30年来，地球大气层的二氧化碳含量在加速上升。绘制此曲线图的是一位坚持不懈、孤身作战的科学家——查尔斯·基林。1955年，基林设计了一台仪器，可以用来测量任何环境中的二氧化碳含量，从煤烟熏黑的城市屋顶，到原始荒芜的森林。基林像着了魔似的去每一个他认为二氧化碳含量可能有所变化的地方测量。他不分白天黑夜地测量，还发起了在夏威夷山顶和南极不间断测量二氧化碳含量的工作。基林的一位同事告诉记者：“基林最与众不同之处在于，他有测量二氧化碳含量的强烈愿望。他无时无刻不在想着这件事，不论是大气中的还是海洋中的二氧化碳含量，他都想测量。他毕生都在做这件事。”直到今天，基林仍然在世界各地进行着二氧化碳含量的测量工作。

基林很早就发现，大气中的二氧化碳含量每天都呈周期性变化。晚上，植物停止了一天的光合作用，空气中的二氧化碳含量明显增高；晴天的下午，由于植物全力将二氧化碳转化为营养物质，会使二氧化碳含量达到低点。几年后，基林观察到了二氧化碳的第二个周期：南北半球的季节性周期，夏低冬高，其原因与日周期的形成一样，都是因为绿色植物停止了捕食二氧化碳。而基林的第三个发现则将人们的关注集中到大气动态的变化上。基林注意到，不论何时何地，二氧化碳的最低浓度永远也不会低于315ppm。这个阈值就是全球二氧化碳含量的背景值。此外，他注意到，该阈值每年都会升高一些，到如今，已经达到350ppm。最近，其他研究人员在基林一丝不苟的记录中发现了二氧化碳的第4个趋势：其季节性周期的幅度在不断增

大。仿佛这个星球一年呼吸一次，夏天吸气，冬天呼气，而且它的呼吸越来越沉重。大地女神到底是在深呼吸，还是在喘息？

生物圈二号是微缩的盖亚，是一个自我闭合的小世界，有由生活于其中的生物所创造的微型大气环境。这是第一个完整的大气/生物圈实验室。它有机会解开有关地球大气工作机理的科学谜题。人类进入这个试管，是为了预防实验崩溃，帮助它避过一些显而易见的危机。我们其余的人虽然在生物圈二号外面，却身处地球这个大试管里面。我们胡乱地改变着地球大气，却根本不知道如何控制它，不知道它的调节器在哪里，甚至不知道这个系统是否真的失调，是否真的处于危机之中。生物圈二号可以为我们提供解答所有这些问题的线索。

生物圈二号的大气相当敏感，即使只是一片云飘过，二氧化碳的指针也会翘起。阴影在瞬间减缓植物的光合作用，会暂时阻断二氧化碳的吸入，并且立刻在二氧化碳计量表上反映出来。在局部多云的日子里，生物圈二号的二氧化碳曲线图上会显示出一连串的尖峰信号。

尽管在过去十年里大气中的二氧化碳水平得到了全面关注，而且农业学家也仔细研究了植物中的碳循环，但是地球大气中碳的去向依然是一个谜。气候学家们普遍认为，当今时代，二氧化碳含量的增长和工业人类燃烧碳的速率相匹配。这种单纯的对应忽略了一个令人震惊的因素：经过更精确的测量之后，我们发现，现在地球上燃烧的碳只有一半留在大气中，增加了二氧化碳浓度，另一半却消失不见了！

有关碳失踪的理论很多，占主导地位的有三个：（1）溶入海洋，以碳雨的形式沉降到海底；（2）被微生物储存到泥土中；（3）最具争议的理论是：失踪的碳刺激了草原的生长，或者变身为树木，其规模隐秘而巨大，我们还无法对其进行测量。二氧化碳是公认的生物圈中的有限资源。当二氧化碳含量为350 ppm时，其浓度百分比只有微弱的0.03%，仅仅是一种示踪气体。阳光普照下的一片玉米地，不到五分钟就可以耗尽离地三英尺范围内的二氧化碳。二氧化碳水平的微小



增加也能显著地提升生物量 [7]。根据这个假说，在还没有被我们砍伐殆尽的森林里，树木正因为大气中的二氧化碳“肥料”增加了15%而快速“增重”，其速率甚至可能比别处破坏树木的速率都要快得多。

到目前为止的证据都让人困惑不解。不过，1992年4月《科学》杂志发表了两篇研究报告，宣称地球上的海洋和生物圈确实可以按照需求的规模来贮存碳。其中一篇文章显示，尽管受到酸雨和其他污染物质的负面影响，但是自1971年以来，欧洲森林新增了25%以上的木材量。不过，想要详细地审查全球的碳收支并非易事。鉴于我们对全球大气的无知，生物圈的试验就给我们带来了希望。在这个密封的玻璃瓶里，在相对受控的条件下，我们可以探索动态的大气和活跃的生物圈之间的联系。

在生物圈二号封闭之前，其空气、土壤、植物以及海里的碳含量都被仔细地测量过。阳光激发光合作用后，一定量的碳就从空气中转移到了生物体内。于是，每收获一种植物，生物圈人都煞费苦心地为它称重并记录下来。他们可以通过微小的干扰来观察碳分布是如何变化的。比如，当琳达·利以一场人工夏日雨“刺激热带草原”时，生物圈人就同时测量底层土、表层土、空气和水等各个范围的碳水平。在两年结束时，他们绘制了一张极其详尽的图表，标明了所有的碳分布点。他们还通过保存干燥的叶片样本，记录其中自然产生的碳同位素的比例变化，来追踪碳在这个模拟世界中的运动轨迹。

碳只是其中的一个谜。而另一个谜更奇怪。生物圈二号里的氧气含量比外面要低，从21%降低到15%，氧气含量下降了6%。这相当于把生物圈二号迁移到海拔更高、空气更稀薄的地方。西藏拉萨的居民就生活在类似的低氧环境中。生物圈人因而体验到头痛、失眠和易于疲倦。尽管不是灾难性事件，但是氧含量下降仍令人感到困惑。在一个密闭的瓶子里，消失的氧气去了哪里呢？

和碳的失踪不一样，人们完全没有预料到生物圈二号里的氧气会失踪。有推测说生物圈二号里的氧被固锁在了新近改造过的泥土中，可能被微生物生成的碳酸盐捕获了。要么，可能被新拌的混凝土吸收了。在对科学文献的快速检索中，生物圈的学者们发现有关地球大气中氧含量的数据少得可怜。目前仅知的（但几乎没有报道过）事实是，地球大气中的氧很可能也在消失！没有人知道原因，也不知道少了多少。颇有远见的物理学家弗里曼·戴森说：“我很震惊，全世界的民众竟然都默不做声，没有人想要了解我们消耗氧气的速度有多快。”他是为数不多的提出这个问题的科学家之一。

那么，为什么要止步于此呢？一些观察生物圈二号试验的专家建议，下一步应该追踪氮的来源和去向。尽管氮是大气中的主要成分，人们对它在大循环中的作用也只是略知一二。与碳和氧一样，目前对它的了解都来自于还原论者的实验室实验或计算机模型。还有一些人提议，下一步生物圈人应该测定钠元素和磷元素。生物圈二号对科学做出的最重要贡献可能就是提出了关于盖亚和大气的很多重要问题。

当生物圈内的二氧化碳含量首度急遽上升时，生物圈人采取了对抗措施来限制二氧化碳的上升。“有意的季节调配”是平衡大气的主要方法。选一片干燥的、休眠中的热带草原、沙漠或荆棘丛，通过升高温度来唤醒它进入春天。很快，叶芽纷纷隆起。然后再降一场大雨。嘭！四天之内所有的植物都爆发出枝叶和花朵。被唤醒的生物群落贪婪地吸收着二氧化碳。一旦唤醒这个生态群落，就可以通过修剪老龄枝条来促发新枝，消耗二氧化碳，让它在原本休眠的时间内保持活跃的状态。正如利在第一年的深秋时写到的：“冬日渐短，我们必须做好应对光照减少的准备。今天，我们修剪了雨林北部的边缘地带，以促使其快速生长——这是一项日常的大气管理工作。”

这些人通过“二氧化碳阀门”来管理大气。有时候他们会反过来做：为了向空气中充入二氧化碳，生物圈人把早先修剪下来的干草拖

出来，铺在地面上并弄湿。细菌在把它们分解的过程中就会释放出二氧化碳。

利把生物圈人对大气的干预称为“分子经济”。他们在调节大气的时候，可以“把碳安全地储存在我们的账户里，等到来年夏日变长、植物生长需要它的时候，再把它取出来”。那些地下室就扮演着碳银行的角色，修剪下来的枝条都堆放在那里并被晾干。需要的时候就把这些碳借贷出去，大多时候伴随着水。生物圈二号中的水从一个地方奔向另一个地方，非常像联邦政府用来刺激地区经济的支出手段。把水灌到沙漠，二氧化碳含量就降低；把水浇到干枯的草垫上，二氧化碳含量就增加。在地球上，我们的碳银行就是阿拉伯沙漠地下的石油，但是我们所做的却只是消费。

生物圈二号将漫长的地质时间压缩在了几年里。生物圈人对碳存储和碳释放的“地质”调节过程进行摆弄的目的，正是期望能够对大气进行粗略的调整。他们摆弄海洋，降低其温度，调整含盐渗透液的回流，稍稍改变它的PH值，他们还同时对其他上千种变量进行推断。利说：“正是这上千种变量使得生物圈二号系统极具挑战性，其表现也离经叛道。我们中的大多数人平时被教导的都是不要同时考虑哪怕是两个变量。”生物圈人希望，幸运的话，第一年就能通过一些精心选择的重要举措缓和大气和海洋初始的狂野震荡。他们将充当辅助轮 [8]，直至这个系统在全年里都可以只依赖太阳、季节、植物和动物的自然活动就保持自己的平衡。到那个时候，系统就“冒出”了。

“冒出”是海水养鱼爱好者的行话，用来描述一个新鱼缸在经过曲折漫长的不稳定时期之后，突然稳定下来的情形。像生物圈二号一样，海水鱼缸是一个精致的封闭系统，它依赖于看不见的微生物来处理较大动植物排泄的废物。正如戈麦斯、弗尔萨姆、皮姆在他们的小世界中所发现的，一个稳定的微生物群落的成型可能需要60天的时间。在鱼缸里，各种细菌需要几个月时间构建食物网，让自己在新鱼

缸的砾石中安顿下来。随着更多的生命物种慢慢加入这个未成熟的鱼缸，水环境极易陷于恶性循环。如果某种成分超量（比如说氨），就会导致一些生物死亡，而生物腐烂又会释放更多的氨、杀死更多的生物，进而迅速引发整个群落的崩溃。为了让鱼缸能够平稳地通过这段极敏感的不平衡期，养鱼爱好者会通过适当的换水、添加化学药品、安装过滤装置以及引入其他稳定鱼缸里的细菌等手段来柔和地刺激这个生态系统。经过6周左右的微生物层面上的互相迁就——在此期间新生群落一直徘徊在混沌的边缘——突然，系统在一夜之间“冒出”来了，氨气迅速归零。它现在可以长久地运转下去了。系统一旦“冒出”，其自立、自稳定程度就更高，也就不再需要初创时所需的人为扶持。

有趣的是，一个封闭系统在“冒出”前后的两天里，其所处的环境几乎没有什么变化。除了能做点“保姆”的工作外，你能做的往往只有等待。等待它发育，成熟，长大，发展。海水养鱼爱好者建议说：“不要着急，不要在系统自组织的时候就急着催它孕育。你能给它的最重要的东西就是时间。”

两年以后，生物圈二号仍然绿意盎然，它正在成熟。它经历了需要“人为”照料使之安定下来的狂野的初期振荡。它还没有“冒出”。也许还要几年（甚或几十年）才能“冒出”——假使它可以并且能够冒出的话。这正是这个实验的目的。

我们还没有真正注意到，但是我们可能会发现，所有复杂的共同进化系统都需要“冒出”。生态系统恢复者，如恢复大草原的帕卡德和恢复楠萨奇岛的温盖特，似乎都发现，可以通过逐渐提高复杂性来重组大型系统；一旦一个系统达到了稳定水平，它就不会轻易地趋向于倒退，仿佛这个系统被新的复杂性带来的凝聚力所“吸引”。人类组织，比如团队和公司，也显示了“冒出”的特征。某些轻微的助力——新加入进来的合适的管理者，巧妙的新工具——可以马上把35个勤奋

而有能力的人组织成一个富有创造力的有机体，并取得遥遥领先的成功。只要我们利用足够的复杂性和灵活性来制造机器人和机械系统，它们也会“冒出”。

## 9.4 生命科学的回旋加速器

就在生物圈的草原、森林、农场以及生物圈人的居所之下，藏有生物圈二号的另一副面孔：机械的“技术圈”。“技术圈”的存在正是为了协助生物圈二号“冒出”。在这片荒野的几处地方，有盘旋向下的楼梯通向塞满各种设备的洞穴状地下室。那里有手臂般粗细、以颜色编码的管道，顺墙蜿蜒50英里。还有如电影《巴西》[\[9\]](#)中的巨大的管道系统，绵延数英里的电子线路，布满重型工具的工作间，挤满脱粒机和碾谷机的走廊；备件架、开关盒、仪表盘、真空鼓风机、200多部马达、100台水泵、60个风扇。恍若潜水艇的内部，又仿佛摩天大楼的背面部分。这片地盘为工业“废墟”所占有。

技术圈支撑着生物圈。巨大的鼓风机每天要把生物圈二号的空气循环好几次；重型水泵抽排雨水；造波机的马达不分昼夜地运行；各种机器嗡嗡作响。这个毫无掩饰的机器世界不是在生物圈二号外面，而是在它的肌体内，就像是骨骼或软骨，是一个更大有机体的不可分割的部分。

譬如说，生物圈二号的珊瑚礁离开了藏有藻类清洁器的地下室就不能存活。清洁器是个桌子大小、布满藻类的浅塑料盘。照亮整个房间的是卤素太阳灯，和展览馆内为人工珊瑚礁照明用的灯一样。事实上，清洁器就如同生物圈二号内珊瑚礁的机械肾脏。它们与池塘过滤器净化水质的功能相仿。藻类消耗珊瑚礁排泄出来的废物，在强烈的人工阳光下迅速增殖成粘稠的绿毯子。绿色的粘丝很快就会堵塞清洁

器。就像水池或鱼缸的过滤器一样，每隔十天就需要有个倒霉蛋来把它刮干净，这是那8个人的另一个工作。清洗藻类清洁器（清洁下来的东西成为肥料）是生物圈二号里最不讨好的工作。

整个系统的神经中枢是生物圈二号的电脑控制室，主持工作的“人工大脑皮层”则由周围的电线、集成电路片以及传感器构建而成。一个软件网络对设施中的每个阀门、每条管道、每部马达都进行了仿真。方舟里的任何风吹草动——无论是自然的还是人工的，很少能逃过分布式计算机的知觉。生物圈二号就如同连为一体的怪兽。空气、土壤和水中的约百种化学成分都被不间断地测量。生物圈二号的管理机构SBV寄望于从该项目中剥离出一种潜在的盈利技术——精密的环境监控技术。

马克·尼尔森说过，生物圈二号是“生态和技术的联姻”，他是对的。这正是生物圈二号的动人之处——它是一个生态技术的极佳范例，是自然和技术的共栖。我们并不太了解如何在没有安装水泵的情况下构建生物群落，但是在水泵的辅助下，我们能够尝试着将系统建立起来并且从中学习。

在很大程度上，这是个学习新的控制机制的过程。托尼·博格斯表示：“NASA追求的是对资源利用的优化。他们选中小麦，就对小麦的生产环境进行优化。但问题是，当把一大堆物种放在一起时，你不可能分别优化每一个物种，你只能对整体进行优化。如果依次优化的话，你就会变得依赖于工程控制。SBV希望能够以生态控制取代工程控制，最终也会降低成本。你也许会失去生产过程中的某些最优性，但却摆脱了对技术的依赖性。”

生物圈二号是一个用于生态实验的巨大烧瓶，对环境的控制需要比野外实验所能（或应该）做到的更多。我们可以在实验室里研究个体生命。但是要想观察生态生命和生物圈生命就需要一个更加庞大的空间。在生物圈二号里面，我们可以很有把握地引入或剔除一个单独



的物种，并确信其他的物种不会受到改变——这都是因为这个空间足够大，能产生某种“生态的”东西。约翰·艾伦说：“生物圈二号是生命科学的回旋加速器。”

或许生物圈二号真的是一个更好的诺亚方舟，一个大笼子里的未来动物园。在那里，包括自诩为智人的观察者在内的一切事物都可以顺其自然地发展。物种们无拘无束，并与其他物种一起共同进化出任何可能的结局。

与此同时，那些梦想驾驭太空的人们把生物圈二号视为脱离地球神游银河系的一个务实步骤。从空间技术的角度看，生物圈二号是自登月以来最震撼人心的进展。而NASA不仅在概念阶段就对此冷嘲热讽，更是自始至终都拒绝施以援手。最终他们不得不吞下高傲的苦果，承认这个实验确实有所收获。失控生物学有了自己的位置。

所有这些意义，其实都是某种演变的宣示。多里昂·萨根 [\[10\]](#) 在其著作《生物圈》里对此做了精辟的描述：

这些被称为生物圈的“人造”生态系统归根结底也是“自然的”——它是一种行星尺度上的现象，属于生命整体上可复现的奇特表现的一部分.....我们正处在行星演变的第一个阶段.....在这个阶段明确无疑的是要复现个体——既不是微生物，也不是植物或动物，而是作为一个整体的、鲜活的地球.....

是的，人类卷入了这场复制，但难道昆虫没有参与花的复制吗？鲜活的地球现在依靠我们和我们的工程技术来完成其复现，但这并不能否定，表面上为人类搭建的生物圈，实际上代表的是行星尺度内的生物系统的复制.....

什么算是明确的成功？8个人住在里面两年？那么十年，或者一个世纪又怎么样呢？事实上，生物圈的复现——那个在内部回收

和再造人类生活所需一切的栖息地——开启了某种我们无法预知其结局的东西。

当一切运转顺利、能腾出时间自由幻想时，生物圈人可以想想，这个系统将会走向哪里？下一步是什么？是一个南极生物圈二号绿洲？还是一个更大的生物圈二号，里面有更多的虫子、鸟类和浆果？最有趣的问题可能是：生物圈二号到底能有多小？日本人是微缩化的大师，他们如痴如醉地迷恋上了生物圈二号。日本的一个民意调查显示，超过50%的人口认同这项实验。对于这些生活于幽闭的方尺之居以及孤零零的岛屿上的人们来说，微型生物圈二号似乎相当有魅力。事实上，日本的一个政府部门已经公布了一项关于生物圈J的计划。据他们所说，这个“J”代表的不是日本，它代表的是Junior，意即更微小。官方草图显示了由一个个房间构成的小杂院，由人造光源照明，内里塞满了紧凑的生态系统。

建造生物圈二号的生态技术学家们已经理清了一些基本技巧。他们知道如何密封玻璃，如何在非常小的面积里更替种植作物，如何回收自己的排泄物，如何平衡大气，如何适应无纸生活，以及如何在其中和睦相处。这对任何规模的生物圈来说都是一个很好的开端。将来还会出现各种规模、各种类型的生物圈二号，可以容纳各种各样的物种组合。马克·尼尔森告诉我：“将来，生物圈会在无数个方向上开枝散叶。”并且他认为，规模各异、组合不同的生物圈就仿佛是不同的物种，为开疆拓土而争斗，为共享基因而结合，以生物有机体的方式杂交。它们会在地球上安家落户。地球上的每个城市中也都应该拥有一个用于实验和教学的生物圈。

## 9.5 终极技术

1991年春天的一个晚上，由于某个管理上的疏忽，我被一个人留在了快要完成的生物圈里。当时，建筑工人已经收工回家，SBV的员工正在关闭山顶上的照明灯，只有我一个人呆在盖亚的第一代后裔里面。这里静得离奇，仿佛置身于一座大教堂中。我在农业群落中游荡，可以隐隐听见远处大海传来沉闷的砰砰声，那是造波机每隔12秒涌起一个波浪时发出的撞击声。造波机吸进海水，再吐出来形成波浪。正如琳达·利所说，在造波机附近听到的声音就像灰鲸喷气的声音。站在园林里，那远远传来的低沉呻吟，听起来如同西藏喇嘛在地下室里吟唱诵经。

外面，是黄昏时刻的褐色沙漠。里面，是充满生机的绿色世界——高高的草丛，漂浮在盆中的海藻，成熟的蕃木瓜，鱼儿腾跃溅起的水珠。我呼吸着植物的气息，那是一种在丛林和沼泽中闻得到的浓浓的植物味。大气缓缓地流动；水不断地循环；支撑起这个空间的框架逐渐冷却，发出嘎嘎的声音。这片绿洲生机勃勃，却寂静无声，一切都在静静地忙碌着。这里看不到人影。但是，某些事物正在一起上演，我能够体会到生命共同进化中的“共同”二字。

太阳快要下山了。柔和而温暖的阳光照在这座白色大教堂上。我想，我可以在这儿住一阵子。这里有一种空间感，是一个温暖舒适的洞穴，而晚上则依然会向星空开放，成为一个孕育思想的地方。马克·尼尔森说：“如果我们真想在太空中过人类一样的生活，那么我们就必须学会如何建立生态圈。”他说，在苏联的太空实验室里，那些无暇做无聊事情的大男子们从床上飘起后做的第一件事，就是侍弄小小的豌豆苗“实验”。这种和豌豆的密切关系对他们来说至关重要。我们都需要其他生命。

如果在火星上的话，我只会生活在人造生物圈里。而在地球，生活在人造生物圈里却是一项崇高的实验，只有那些先驱者才会去做。我能想象，这给人一种生活在一个巨大试管里的感觉。在生物圈二号

里，我们将学到有关地球、我们自己以及我们所依赖的无数其他物种的大量知识。我坚信，有朝一日，我们在这里所学的知识必将用在火星或月球上。事实上，它已经教会我这个旁观者，要像人类一样生活就意味着要和其他生命一起生活。我的内心已经不再担心，机器技术将替代所有生物物种。我相信，我们会保留其他的物种，因为生物圈二号帮助我们证明了，生命就是技术。生命是终极技术。机器技术只不过是生命技术的临时替代品而已。随着我们对机器的改进，它们会变得更有机，更生物化，更近似生命，因为生命是生物的最高技术。总有一天，生物圈二号中的技术圈大多会由工程生命和类生命系统替代。总有一天，机器和生物间的差别会很难区分。当然，“纯”生命仍将有它自己的一席之地。我们今天称之为的生命将依然是终极技术，因为它具有自治性——它能够自立，更重要的是，它能够自主学习。任何种类的终极技术都必然会赢得工程师、公司、银行家、幻想家以及先行者们的支持——而他们都曾经被视为纯生命的最大威胁。

在这片沙漠中停泊的玻璃宇宙飞船被称为生物圈，因为其中贯穿着生物圈逻辑。生物圈逻辑（生物逻辑，生物学）正在融合有机体和机械。在生物工程公司的厂房里和神经网络计算机的芯片内，有机体和机器正在融合。不过，没有哪处能够把生物和人造物的联姻像在生物圈二号容器中那样呈现得淋漓尽致。哪里是合成珊瑚礁的终点，哪里又是哗啦作响的造波机的起点？哪里是处理废物的沼泽的起点，哪里又是厕所排水管的终点？控制大气的究竟是风扇还是土里的虫子？

生物圈二号之旅收获的大都是疑问。我在里面兴致勃勃地呆上几个小时，就得到了需要考虑许多年的问题。足够了。我转动气塞门上的巨大把手，走出安静的生物圈二号，走进黄昏的沙漠。如果能在里面呆上两年的话，那一定会充实整个人生。

---

[1] 关键捕食者（keystone predators）：指生物群落中，处于较高营养级的少数物种，其取食活动对群落的结构产生巨大的影响，称关键种，关键捕食者或称顶级捕食者，去除后会对群落结构产生重大影响。

[2] 生态位 (ecological niche)：又称小生境，是一个既抽象而含义又十分广泛的生态学概念，主要是自然生态系统中种群在时间、空间上的位置及其与相关种群之间的关系。1910年，美国学者R·H·约翰逊第一次在生态学论述中使用生态位一词。

[3] 史密森尼 (Smithsonian)：这里指史密森尼学会位于美国华盛顿地区的博物馆群。

[4] 奥萨博岛猪 (Ossabaw Island pig)：生活在美国乔治亚州海岸对过不远的奥萨博岛，由400年前从西班牙引进、逃入岛东南树林的猪种野化繁衍而成，属濒危猪种。其特点为：矮小，耳尖，喙长，皮厚，脂肪多，有黑、斑点黑、白、红、褐5种颜色，保有西班牙猪种的遗传特征。为适应该岛春季食物短缺的生态，该猪种形成了独特的脂肪代谢系统，并在储存大量脂肪的同时，患有低度、非胰岛素依赖的糖尿病，是医学实验的理想品种。

[5] 边缘物种：指生活于群落交错区里的生物。

[6] ppm：衡量空气中某种气体密度的单位，指100万体积空气中某种气体所占的体积。

[7] 生物量 (Biomass)：生态学术语，指某一时刻单位实存生活的有机物质总量。

[8] 辅助轮 (training wheels)：附加于自行车后轮边的两个轮子，用来帮助初学者找到平衡的感觉。

[9] 电影《巴西》 (Brazil)：又译《妙想天开》，科幻片，1985年上映，讲述在未来资讯管控的时代中，一个政府部门的小人物为了调查“漏洞”引起的冤案而与国家机器乃至其自身相抗争的故事。

[10] 多里昂·萨根 (Dorion Sagan)：美国科技作家，写了很多进化论方面的书。多里昂·萨根为卡尔·萨根与玛格丽丝的儿子，从1981年开始与母亲玛格丽丝合作发表文章。

## 第十章 工业生态学

### 10.1 全天候、全方位的接入

西班牙的巴塞罗那是一个充满铁杆乐观者的城市。这里的市民不仅欢迎贸易与工业，艺术与歌剧，也拥抱未来。在1888年和1929年，巴塞罗那举办了两次万国博览会。这在当时就相当于如今的世界博览会。巴塞罗那热切地承办这类与未来亲密接触的盛会，其原因正如某位西班牙作家所言，这个城市“.....的存在毫无道理可言.....于是（它）不断制造宏大的远景来再塑自己”。1992年巴塞罗那自制的宏大远景即是奥林匹克。年轻的运动员、大众文化、新技术和大把的钱——对于这个充满合理的设计和诚信的商业精神的古板城市来说，是非常吸引人的景象。

在这样一个风气务实的地方，传奇人物安东尼·高迪 [1] 却建造了几十幢地球上最奇怪的建筑。他的建筑物实在是太前卫太离奇了，直到前不久，巴塞罗那人和整个世界才理解了它们的真正含义。他最出名的作品就是尚未完工的圣家族大教堂 [2]。该教堂始建于1884年，高迪在世时建成的部分充满了激动人心的有机力量：岩石滴水、圆拱和花朵的立面把它装点得如植物般花团锦簇。四个拔地而起的尖塔宛如许多空洞攒成的蜂巢，展现出嶙峋风骨的同时，它们还担负着支架的作用。建筑后部往上三分之一处，耸立着第二组高塔，巨大的髀骨状支柱自地面而起，斜斜撑起教堂，并保持它的稳定。从远处看，这些支柱看起来好像是死去很久的生物所留下的惨白的大腿骨。



高迪所有的作品都涌动着生命的波涛。通风管道从他巴塞罗那的公寓屋顶上冒出，一大堆仿佛来自外星的生命形式在那里麋集。窗檐和屋顶排水沟呈曲线，自然流畅，不循机械的直角。高迪捕捉了这独特的活性反应，让它跨越校园方正的草坪，勾画出一条弧线优美的捷径。他的建筑似乎不是造出来的，而是长出来的。

想象一下，如果整个城市都是高迪的建筑，这将是一座植入式住宅和有机教堂的人造森林。想象一下，如果高迪不必止步于做石板面的静止图像，而是能够随着时间推移赋予他的建筑有机行为的能力，那么他的建筑就会将迎风面加厚，或者随着住户改变用途而调整内部结构。想象一下，高迪的城市不但依照有机设计建设，而且像生物一样有适应性、灵活性及进化的能力，形成一个建筑生态群。这一未来愿景甚至连乐观的巴塞罗那都还没有准备好接受。但，这是未来，它正带着自适应技术、分布式网络和合成进化向我们走来。

浏览20世纪60年代初期以来的《大众科学》旧杂志，你就会明白关于“活”房屋的设想至少有数十年了，这还没算上更早之前出现的精彩的科幻故事。动画中的杰森一家<sup>[3]</sup>就住在这样的房屋里，和这样的房子说话，就像它是动物或人一样。我认为这个比喻接近事实，但还不太正确。未来的自适应房屋会更像一个有机生态园而不是单个生物，更像一片丛林而不像一条狗。

生态房屋的构件在普通的现代住宅里就能看到。我已经能设定家里的恒温器，使它能操纵炉子，在工作日和周末使家里保持不同的温度。在这里，火和一座钟联了网。我们的录像机会报时，还会与电视机对话。随着电脑的尺寸越变越小，直至缩成一个小点，并可以置入所有的电子用品，那么就可以期待我们的洗衣机、音响以及烟气报警器等形成一个“家域网”，并在其中进行通话。不久的一天，当客人敲响门铃，门铃就会关上吸尘器让我们听到铃声。洗衣机把衣服洗好了，就会发送一条信息到电视上，通知我们把它放进烘干机中。甚至

家具也会成为生命树林的一部分。躺椅里的一个微型芯片感应到有人坐在上面时就会给房间加温。

这个家域网——如同目前一些实验室中工程师们所设想的那样，是一个通用接口，遍布于每个家庭的每个房间。每一样东西都被接入进来：电话、电脑、门铃、暖炉，吸尘器，都接入这个网络，从中获取电力和信息。这些聪明的接口将110伏的“营养果汁”<sup>[4]</sup>分配给“合格的”装置，并且是按需分配。当你把一个智能物品插入家域网，它的芯片会自报身份（“我是烤面包机”）、状态（“我开着”），以及它的需要（“给我10瓦110伏的”）。而小孩子用的叉子或断掉的线绳是得不到供电的。

接口无时无刻不在交换信息，并在需要的时候为电器供电。至关重要的是，这些互联的接口将许多线路都汇聚到一个总接口，这样它就可以从任何一点获取信息、能量乃至智慧。你将门铃按钮接入前门附近的某个插座，然后就可以将门铃喇叭接入任何房间里的任何插座中。在一个房间接入了音响，就可以在其他房间里享受音乐。钟表也一样。用不了多久，全球通用的时间讯号就会加载在所有的电线和电话线上<sup>[5]</sup>。在任何地方接入某个电器，它至少会知道日期和时间，并在英国格林威治天文台或美国海军天文台的主控钟表指令下自动校准夏令时。所有接入家域网的信息都将被共享。暖炉的恒温器可以将室温提供给所有对此感兴趣的装置，如火灾报警器或吊扇之类。所有能被量度的信息——光亮度、屋子里人的活动、噪音级别等，都能在家域网内通过广播的方式进行共享。

遍布智能线路的房屋将为残疾人和老年人雪中送炭。床头的开关使他们能够控制灯光、电视以及房屋其他各处的安全小物件。生态建筑也将更节能。记者伊恩·艾勒比一直致力于报道渐露端倪的智能房屋<sup>[6]</sup>产业。他说道：“你不会为了节省一毛五分钱而在早上两点爬起来开洗碗机<sup>[7]</sup>，但假如你能够预先设置设备的开启时间，那岂不是太

好了！”对于电力公司来说，这种分散式的功率消费颇有吸引力，其收益要比建一个新的发电厂大得多。

迄今为止，还没有谁能住在智能房屋里 [8]。1984年，电气公司、建筑行业协会和电话公司聚集在智能房屋伙伴计划的大旗下，开发有关智能房屋的协议和硬件。到1992年年底左右，他们建成了十多个示范家居来吸引记者和募集投资。他们最终放弃了1984年设定的万能标准，因为这个目标在初期阶段显得太过激进了。作为过渡技术，智能房屋使用三种线缆，并在接线盒上提供三种插口（直流电、交流电和通讯线路）以区分不同的功能。这就保障了“反向兼容性”——给蠢笨的开关式电器接入的机会，而无需统统用智能设备来取代它们。美国、日本和欧洲的竞争对手们则在尝试其他的想法和标准，譬如，采用无线红外网络来接入小插件。这就为用电池作动力的便携式设备和非电气装置提供了接入网络的可能性。门上可以安装半智能的芯片，通过空中看不见的信号“接入”网络，使家居生态系统了解房门是否关闭，或者是否有客人莅临客厅。

## 10.2 看不见的智能

我在1994年的预言：智能办公室的实现要早于智能住宅。商业具有信息度密集的天然本质——它依赖于机器，并且要不断地适应变化，因此对于家居生活来说是鸡肋的“魔法”却能在办公室中带来显著的经济效益。居家时光通常被当作是休闲时间，所以通过网络智能节约的那么一点点时间远不如上班时将点滴时间汇聚起来那般宝贵。如今办公室里联网的电脑和电话属于必备设备；下一步就是联网的照明和家具了。

加州帕罗奥多市的施乐公司实验室 [9] 发明了用于第一批用户友好的苹果机上的个性元素，但遗憾的是并未加以充分利用 [10]。吃一堑，长一智，帕罗奥多研究中心现在打算全力拓展实验室里酝酿着的另一项超前并且很有可能会盈利的概念。中心的负责人马克·威瑟 [11] 年轻开朗。他率先倡议把办公室看作超有机体——一个由许多互联部件构成的网络生物。

帕罗奥多研究中心的玻璃墙办公室坐落在湾区的一座山丘上，从那儿可以俯瞰硅谷。我去访问威瑟的时候，他身穿一件亮黄色的衬衫，配着鲜红色背带裤。他总是在笑，好像创造未来是一件非常好笑的事情，而我也被感染并沉浸于其中。我坐在沙发上。沙发是黑客巢穴里必不可少的家俬，即使在施乐这样时髦的黑客巢穴里也少不了它们。威瑟很好动，简直坐不住；他站在一面从地面直到天花板的大白板前，双手舞动着，一只手里还拿了枝标记笔。他舞动着的手好像是在说，你很快就会看到，这非常复杂。威瑟在白板上画的就像古罗马军队的图解。图的下方是百来个小单元。再上面是十来个中等单元。顶部位置是一个大单元。威瑟画的队列图是一个“房屋有机体”的场域。

威瑟告诉我，他真正想要的是一大群微型智能体。布满办公室的一百个小物品对彼此、对它们自己、对我都有一个大概而模糊的意识。我的房间就变成了一个半智能芯片的超大群落。他说道，你需要的就是在每本书里都嵌入一枚芯片，以追踪这本书放在房间里什么地方，上次打开是什么时候，翻开的是哪一页。芯片甚至会有一个章节目录的动态拷贝，当你第一次把书带进房间时，它会自行与电脑的数据库连接。书于是就具有了社会属性。所有存放在书架上的信息载体，比如说书、录像带之类都被嵌入一枚便宜的芯片，可以彼此交流，告诉你它们的位置以及它们的内容。

在布满这类物品的生态办公室里，房间会知道我在哪里。如果我不在房间里，显然它（它们？）就应该把灯关掉。威瑟说道：“大家都携带自己的电灯开关，而不是在各个房间里安装电灯开关。想开灯时，口袋里的智能开关就会将你所在房间的灯打开，或者调到需要的亮度。房间里不必装调光器，你手里就有一个，个性化的灯光控制。音量调节也是一样。礼堂里每个人都有自己的音量控制器。音量往往要么过大，要么过小；大家都像投票似地使用自己口袋里的控制器。声音最终定格在一个平均值上。”

在威瑟眼中的智能办公室里，无处不在的智能物构成了层级架构。层级的底部是一支微生物大军，构成了房间的背景感知网络。它们将位置和用途等信息向其直接上级汇报。这些一线士兵是些廉价、可抛弃的小芯片，附着在写字簿、小册子以及可以自己作笔记的聪明贴上。你成打购买，就像购买写字簿或内存一样。他们在集结成群后的功效最大。

接下来是十个左右中等尺寸的显示屏（比面包盒稍稍大一点），安装在家具和电器上，与办公室的主人进行更频繁、更直接的互动。在接入智能房屋这个超级有机体后，我的椅子在我坐下的时候就能认出我，而不会错认成别人。清晨，当我一屁股坐下来的时候，它会记得我上午一般要做什么。接下来它就会协助我的日常工作，唤醒需要预热的电器，准备当天的计划。

每个房间也至少有一个电子显示屏，一米宽窄或更大——像一扇窗户、一幅画或一个电脑/电视屏幕。在威瑟的环境计算世界里，每个房间里的大屏幕都是最聪明的非人类。你和它说话，在上面指指点点，写字，它都能懂。大屏幕可以显示视频、文本、图形，或是其他类型的信息。它和房间里的其他物体都是互联的，确切地知道它们要干什么，并能忠实地在屏幕上显示出来。这样，我就有两种方式与书进行互动：翻看实体书，或是在屏幕上翻看书的图像。

每个房间都成为一个计算的环境。电脑的自适应特质融入到背景中，直至几乎看不见，却又无所不在。“最深刻的技术是那些看不见的技术，”威瑟说，“它们将自己编织进日常生活的细枝末节之中，直到成为生活的一部分。”书写的技术走下精英阶层，不断放低身段，从我们的注意力中淡出。现在，我们几乎不会注意到水果上的标签、电影字幕等无处不在的文字。马达刚开始出现的时候就像一只巨大且高傲的野兽；但自那以后，它们逐渐缩小成为微事物，融入（并被遗忘于）大多数机械装置中。乔治·吉尔德在其《微宇宙》（*Microcosm*）一书中写道：“电脑的发展可以视为一个坍塌过程。那些曾经高高悬浮在微宇宙层面之上的部件，一个接一个地进入无形的层面，消失在肉眼的视线外。”电脑给我们带来的自适应技术刚出场时也显得庞大、醒目且集中。但当芯片、马达、传感器都坍塌进无形王国时，它们的灵活性则留存下来，形成了一个分布环境。实体消失了，留下的是它们的集体行为。我们与这种集体行为——这个超有机体或者说这个生态系统——来进行互动，于是整个房间就化作为一个自适应的茧。

吉尔德又说：“电脑最终会变成针头般大小，并能回应人类的要求。人类的智能便以这种形式传递到任何的工具或装置上，传递到周围的每一个角落。这样说来，电脑的胜利不但不会使世界非人化，反而会使环境更臣服于人类的愿望。我们创造的不是机器，而是将我们所学所能融会贯通于其中的机械化环境。我们在将自己的生命延伸到周边环境中去。”

“你知道虚拟现实的出发点是将自己置身于电脑世界，”马克·威瑟说，“而我想要做的恰恰相反。我想要把电脑世界安置在你身周、身外。将来，你将被电脑的智慧所包围。”这种思维上的跳变妙极了。为了体验电脑生成的世界，我们不得不披挂上目镜和紧身衣；而要想无时无刻不被计算包围并沉浸在其魔力中的话，所要做的只是推开一扇门而已。



一旦你进入了由网络支配的房间，所有的智能房间就互相通知。墙上的大画面就成为进入我和他人房间的门户。譬如，我听说有本书值得一看。我在我的屋内进行数据搜索，我的屏幕说拉尔夫的办公室有一本，就在他桌子后面的书架上，那里摆的都是公司购买的书，上星期刚被人读过。爱丽丝的小隔间里也有一本，就在电脑手册旁边，这本书是她自己花钱买的，还没有人读过。我选择了爱丽丝，在网上给她发一个借阅的请求。她说行。我亲自到爱丽丝的房间取回书后，它就根据我的嗜好改变了其外观，以便和我房间里的其他书相配衬。（我喜欢让那些我折过页脚的内容先显示出来。）书的内置记录还会记下书的新位置，并知会所有人的数据库。这本书不大可能像以往绝大多数的借书那样一去不复返。

在智能房间里，假如开着音响，电话铃声就会稍稍调高；而当你接听电话的时候，音响也会自动调低音量。办公室里的电话答录机知道你的汽车不在停车场，它就会告诉打电话的人你还没到。当你拿起一本书，它就会点亮你常坐的阅读椅头顶的灯。电视会通知你，读过的某本小说在本星期有了电影版。样样东西都相互联结。钟表会监听天气；冰箱会查看时间，并在牛奶告罄之前进行订购；书会记得自己在哪里。

威瑟写道，在施乐的实验性办公室中，“房门只对佩带着正确徽章的人打开；房间跟人们打招呼时会叫出他们的名字；打进来的电话会自动转接到接听者可能呆着的地方；前台知道每个人的确切位置；电脑终端能了解坐在其面前的人的喜好；预约记录会自行登记。”但假如我不想让部门里的每一个人都知道我在哪个房间时怎么办？最初参加施乐帕罗奥多研究中心普适计算 [\[12\]](#) 实验的工作人员们时常离开办公室以逃避没完没了的电话。他们觉得总能被人找到像是坐牢。缺少了隐私技术的网络文化是无法兴旺的。个人加密技术或防伪数字签名等隐私技术迅速发展起来（请参看后续章节）。而乱众的匿名特质也将使隐私得到保障。

## 10.3 咬人的房间与不咬人的房间

威瑟的建筑群是一个机器的共同进化生态系统。每个设备都是一个有机体，都可以对刺激做出反应并与其他设备沟通。合作会得到回报。单干的话，绝大多数电子器件都会变成一盘散沙，因无所事事而消亡。而聚在一起，它们就会构成一个群落，周到而强壮。每个微小装置在深度上的不足都会由共有的网络来补上。共有网络的集体影响力遍布整幢大楼，其触角甚至达及人类。

嵌入式智能和生态流动性将不单单为房屋以及厅堂所有，街道、卖场以及城镇也都将拥有之。威瑟用字词作例子。他说，书写就是一种无处不嵌入我们环境当中的技术。文字遍布城乡，无处不在。它们被动地等待人们阅读。想象一下，威瑟说道，当计算与联结在环境中的嵌入度和书写一样时，街头标识会与车载导航系统或你手中的地图沟通（当街名改变的时候，所有地图都相应地改变）；停车场的街灯会在你进入车场之前亮起；查看广告牌时，它会向你传送更多的产品信息，同时让广告客户了解街道的哪个地段招来的查询量最大。环境变得生动活泼，反应灵敏，适应性也增强了。它不但回应你，也回应接入的其他所有单元。

共同进化生态的定义之一，即是一个充当其自身环境的有机体集合。在兰花丛、蚁群和海藻床这些缤纷世界中，处处洋溢着丰饶和神秘。在这部戏中，每个生物既在别人的戏中充当跑龙套的和临时演员，却也在同一个舞台上演的自己的戏中充当主角。每个布景都和演员一样，活生生、水灵灵。因此，蜉蝣的命运要取决于附近的青蛙、鳟鱼、赤杨、水蜘蛛和溪流里其余生物的卖力演出。每一种生物都充当着其他生物的环境。机器也是如此，将在共同进化的舞台上进行表演。

今天市场上能买到的电冰箱是一个自命不凡的家伙。你把它带到家里，它还自以为是家里唯一的电器。它既不能从其他机器那里学习什么，也没有什么可以告诉它们的。墙上的挂钟会向你报时，但对它的同类们却没有只字片语。每种装置的眼里只有它的买主，却从未考虑过，若是能与周边的其他装置合作，就可以更好地为人们服务。

而另一方面，对愚钝的机器来说，机器生态将提升他们有限的力量。嵌入在书和椅子上的芯片只具备蚂蚁的智能。这些芯片不是超级电脑；现在也能造出来。但凭借来自分布式的能力，当细如蝼蚁的单元聚集成群且彼此互联时，它们便升格为一种群体智力。量变引起质变。

然而集体效率是有代价的。生态智力会对新入圈者不利，就像冻土带生态会对新进入北极的任何新来者不利一样。生态系统要求你具备本地知识。只有土生土长的本地人才知道树林里哪能找到大片的蘑菇。要想在澳洲内陆追捕沙袋鼠，你就得找一个出没于灌木丛中的老油条来作向导。

哪里有生态系统，哪里就有精通本地事务的人。异乡人可以在某种程度上应付不熟悉的野外，但要想进一步发展或从危机中幸存，他一定需要了解当地的专门知识。园丁们常常使学院派专家吃惊不小，因为他们引种了本不能在该地区生长的作物，作为本地专家，他们调和了附近的土壤和气候。

与自然环境打交道是掌握本地知识必不可少的工作。满屋子机械有机体之间的相互改进也需要类似的本地知识。傲慢的老冰箱倒是有一个优点，就是对所有的人都一视同仁，不论是主人还是客人。而在一间活跃着智能群落的房间里，客人与主人相比要处于劣势。每一个房间都不同，甚至每一部电话都是不同的。新式的电话机只是一个更大的有机体的一个节点——这个有机体将暖炉、汽车、电视、电脑、椅子，乃至整幢大楼都联结在一起，其行为举止取决于房间里所发生

的一切的全盘汇总。而每件物品的行为则取决于用它次数最多的人拿它来干什么。对于客人说来，这个让人捉摸不定的房间怪兽似乎失控了。

可适应的技术是指技术能适应局部环境。网络逻辑促成了区域性和地方性。或换一种说法，整体行为必然包含局部的多样性。我们已经看到了这种转变。试着用用别人的“智能”电话吧：它要么太聪明，要么不够聪明。你是按“9”呼外线吗？你能随便按一个键就能接通一条线吗？你怎样（晕！）做电话转接呢？只有物主才知道。而要想使用一台录像机的全部功能，其所需的局部知识就更了不得了。你能预先设定你自己的录像机来录制重播的《囚犯》[\[13\]](#)，但这绝不意味着你可以同样操作你朋友的录像机。

房间和建筑物的电子生态会各不相同；房间中的电器也是一样，它们都将由更小的分布式零部件集合而成。谁也不会像我一样清楚我办公室的技术特性；我也不能将他人的技术应用得像我自己的这般得心应手。电脑变成了助手，而烤面包机则变成了宠物。

设计得当的话，咖啡机能在急性子客人使用时，“感受”到他的迫切，从而默认使用“新手模式”。这位“咖啡机先生”会只提供5种基本的通用功能，即使是小学生也懂得如何操作。

但是我发现，这种新兴的生态学在其初期阶段就已经让不了解的人们感到害怕了。电脑是所有装置的出发点和归宿，所有陌生的复杂机器都将通过电脑呈现给我们。你对某种特定牌子的电脑再了解都不管用。你借用别人的电脑时，就好像你在用他们的牙刷。在你打开朋友的电脑的那一瞬间，你会发现：熟悉的部件，陌生的排列（他们干嘛这样？）；你自以为了了解这个地方，却完全找不到北。似曾熟悉，却又有它自己的秩序。随之而来的是恐怖——你在……窥视别人的思想！

这种侵入是双向的。个人电脑生态的“窄域”智慧是如此私密，如此微妙，如此精确，任何扰动都会令其警醒——无论是拿走一块鹅卵石，折弯一片草叶，还是移动一份文件。“有人闯进了我的计算空间！我知道！”

有不咬人的房间也有咬人的房间。咬人的房间会咬入侵者。不咬人的房间会把来访者带到安全的地方，远离能造成真正伤害的地带。不咬人的房间会款待客人。人们会因为自己的电脑多么训练有素、自己的计算机生态布局有多么巧妙而博得尊敬。而另一些人则因为他们的机器多么地桀骜不羁而获得恶名。将来，大公司里一定会有某些地方是被遗忘的，没有人乐意去那里工作或去转转，只因那儿的计算设施得不到关照，变得粗鲁、偏执、难相处（尽管有灵性）、睚眦必报，但却没有人有空去驯化或重新教育它。

当然，有一股强大的反作用力在维持环境的统一。正如丹尼·希利斯向我指出的：“我们之所以创造仿生环境来取代自然环境，是因为我们希望环境保持恒常，可以被预测。我们曾经用过一种电脑编辑器，可以让每个人有不同的界面。于是大家都设置了各自的界面。然后我们发现这个主意很糟糕，因为我们无法使用别人的终端。于是我们又走回老路：一个共享的界面，一个共同的文化。这也正是使我们聚集在一起成为人类的因素之一。”

机器永远不能完全靠自己而发展，但它们会变得更能意识到其他机器的存在。要想在达尔文主义的市场里生存，它们的设计者必须认识到这些机器要栖息在其他机器构成的环境中。它们一起构成一段历史。而在未来的人造生态系统里，它们必须分享自己所知道的东西。

## 10.4 规划一个共同体

在美国，每家汽车配件店的柜台上总摆放着一大排产品目录。这些产品目录一字排开的话，有一辆卸货卡车那么宽。书脊向下，页边朝外翻卷着。即使柜台的另一侧望去，你也可以从这上万页纸里轻易地看出哪些是技工们最常用的那十几页——那些页边都沾有大量油腻的手指留下的黑油印。那些磨损的标记成了技工们找东西的帮手——每一个顽固的污渍都锁定了他们要经常查阅的章节。廉价的平装书上也能看到同样磨损的标识。把书放在床头柜上，书脊的结合部会在你上次阅读处微微张开。第二天晚上你可以凭借这自然产生的书签继续跟进你的故事。磨损保藏的是有用的信息。黄树林里有两条岔路，踩踏更多的那一条就给你提供了信息。

磨损的标记是涌现出来的。它们是大量个体活动的产物。如同大多数涌现出来的现象一样，磨损有自我巩固的倾向。自然界里的一条沟壑多半会促成更多的沟壑。同样，与大多数涌现的属性相仿，磨损能够传递信息。现实生活中“磨损是直接刻在物体上的纹身，它在哪里显现，就表明那里有值得注意的不同”，威尔·希尔说道。他是贝尔通信研究所 [\[14\]](#) 的研究员。

希尔想要做的是将物理磨损所传递的环境意识嫁接到办公室的机器生态中去。比方说，希尔认为使用者与电子文档间的互动记录能大大丰富电子文档的信息。“在使用电子表格对预算进行调整的时候，每个格子修订的次数都可以映射到一个灰度区间，从而以视觉形式表现出哪些格子里的数字被改动得最多或最少。”这样一来就指出了哪里可能有混淆、争议或错误。另一个例子是，在使用效率工具的企业中，人们能够追踪到文件在被各个部门踢来踢去的过程中哪些部分被改动得最多。程序员们把这类走马灯式变来变去的热点称作“折腾”（churns）。他们发现，在一群人编写的成百万行代码中，如果能找出“折腾”所藏身的区域会是非常有用的。软件商和设备商们会很乐意掏钱购买有关他们产品的综合信息——哪部分用得最多，哪部分用得少。这类详尽的反馈有助于他们改进产品。



在希尔工作的地方，所有从他实验室流过的文件都保有其他人或机器与之互动的记录。当你选读一篇文件时，显示器上会出现一窄条画面，上面有一些小小的刻度尺，标示出其他人花在各个部分上的累计时间。你一眼就可以看到有哪几处是其他读者流连的地方：或许是某个关键的段落，或许是某个让人眼睛一亮但又有点含混不清的段落。大众的使用率也可以通过字号的逐渐加大来显示。这有些像杂志中加大字体的“醒目引文”，不过，这些被突出的“常用”段落是从不受控的集体鉴赏中涌现出来的。

磨损可以看作是共同体的一个妙喻。单个的磨损痕迹是无用的。但是汇聚起来并与他人共享，其存在就有了价值。它们分布得越广，其价值就越高。人类渴求隐私，但事实上，我们的社会性胜过独立性。如果机器也像我们这样互相了解（甚至是一些很私密的事情），那么机器生态就是不可征服的。

## 10.5 闭环制造

在机械群落里，或者说机械生态系统里，某些机器好像更愿意和另一些机器联合在一起，就像红翅膀的黑鸟喜欢在有香蒲的湿地筑巢一样。泵与管相配；暖炉与空调相配；开关和导线相配。

机器组合成食物网。从抽象意义上说，一部机器“捕食”另一部机器：一部机器的输入是另一部机器的输出。钢厂吞吃铁矿采掘机的流涎。而由它挤压成型的钢则被制造汽车的机器吃掉，然后变形为小汽车。当车子死亡后，就被废品堆放场的压碎机消化。压碎机反刍的铁渣后来被回收工厂吞食，而排泄出来以后，说不定就成了盖房顶的电镀铁板。

假如你追踪一个铁粒子由地底挖出到送入工业食物链的过程，就能看到它循行的是一个纵横交错的回路。第一轮，这个粒子可能用在一辆雪弗兰上；第二轮，它可能登陆某个中国台湾产的船壳；第三轮它或许又定型于某段铁轨；第四轮可能又上了一条船。每一种原料都在这样一个网络内徜徉。糖，硫酸，钻石，油料，各循不同的回路，在各循各的网络途中接触各种各样的机器，甚至可能再度还原为其作为元素的基本形式。

生产原料从机器到机器的、缠绕在一起的流动可以看作是一个联网的群落——一个工业生态。像所有生命系统那样，这个交织在一起的人造生态系统会扩张，会绕过阻碍物，会适应逆境。从一种合适的角度来看的话，一个强壮的工业生态系统是生物圈自然生态系的延伸。木纤维碎片从树变成木片再变成报纸，然后从纸张变成树的肥料，纤维轻易地在自然和工业生态圈间溜进溜出，而这两个生态圈又同属于一个更大的、全球性的元系统。材料从生物圈流转 to 人工圈，然后再回归到自然和人造的大仿生生态中。

然而，人造工业所具有的杂草特性威胁到了支持着它的自然界，在倡导自然和鼓吹人工的人群间形成了对峙，双方都相信只有一方能够获胜。但是，在过去的几年里，一个有几分浪漫的观点——“机器的未来是生物”——渗入了科学，并将诗意转化为某种实用的东西。这个新观点断言：自然和工业都能取得胜利。借助有机机器系统这个比喻，工业家们以及（有些不情愿的）环保主义者就可以勾勒出制造业怎样才能像生物系统那样自己收拾自己的烂摊子。例如，自然界没有垃圾问题，因为物尽其用。效法诸如此类的生物准则，工业就能与其周边的有机界更加兼容。

直到不久前，对那些孤立、僵化的机器说，“像大自然一样从事”还是一条不可能执行的指令。但随着我们赋予机器、工厂和材料以自适应的能力、共同进化的动力以及全球性的联接，我们能够将制造

环境转向工业生态，从而扭转工业征服自然的局面，形成工业与自然的合作。

哈丁·提布斯 [15]，一位英国工业设计师，在为如NASA空间站等大型工程项目提供咨询的过程中领悟到，机器是整体系统。制造外太空站或任何其他大型系统时，为确保其可靠性，需要始终关注各个机械子系统间相互作用、甚至是时有冲突的各种需求。在机器之间“求同存异”，使得工程师提布斯逐渐具有了全局观念。作为一名热心的环保人士，提布斯想一探究竟：这种全局机械观——即强调系统效率最大化的取向——能不能在工业界中得以普遍应用，以解决工业自身排放的污染。提布斯表示，这个想法，就是“将自然环境的模式作为解决环境问题的模板”。他和他的工程师伙伴们称之为“工业生态”。

1989年，罗伯特·福罗什 [16] 发表在《科学美国人》上的一篇文章使得“工业生态”这个概念又“复活”了。福罗什掌管着通用汽车的研究实验室，并曾担任过NASA的负责人，他给这个新鲜的概念定义道：“在工业生态系统中，能源、材料得到最充分有效的利用，废物产出量降到最低，而一道工序的排出物……成为下一道工序的原料。工业生态系统的运作恰恰类似于一个生物生态系统。”

“工业生态”这个术语自20世纪70年代开始就已使用，当时这个术语被用来考量工作场所的健康和环境问题，“诸如工厂的粉尘里是否生有小虫子之类的话题，”提布斯说。福罗什和提布斯将工业生态的概念扩大，涵盖了机器网络以及由它形成的环境。在提布斯看来，其目标是“仿造自然系统的整体设计理念来塑造工业整体化设计”，以使“我们不仅能改进工业的效率，还能找到更令人满意的与自然接轨的途径”。于是工程师们大胆地劫持了这个将机器当作有机体的古老比喻，并将诗意带入到实践中。

“为分解而设计”是制造业的有机观念中最早孕育出来的理念之一。数十年来，易组装性成了制造业至高无上的考量因素。一个产品越容易装配，它的制造成本就越低。易维修、易处理这些因素却几乎完全被忽视。从生态学角度看，为分解而设计的产品既可以做到高效的处理或维修，也可以实现高效的组装。设计得最好的汽车，不仅仅开着顺心，造价低廉，而且一旦报废也应该很容易地分解开来成为通用的部件。技术人员们正致力于发明比胶或单向粘合剂更有效且可逆的粘合装置，以及像凯夫拉纤维 [17] 或模压聚碳酸酯 [18] 那样坚韧但更易再循环利用的材料。

通过要求制造商而非消费者担起处理废物的责任，刺激了发明这些东西的动机，将废物的担子推给了上游的厂家。德国最近通过一项法案，强制汽车厂商设计的汽车能够容易地分解成分门别类的零件。你可以买到一把新的电茶壶，它的特点是能够轻易分解成可回收的部件。铝罐都已设计成能回收的了。如果所有东西都能回收会怎样？在制造一部收音机、一双跑鞋或一张沙发的时候，你不得不考虑它尸体的归宿。你得与你的生态伙伴们合作——那些专吃你的机器排出物的家伙们，以确保有人负责处理你产品的尸体。每一种产品都要考虑到它自己制造的垃圾。

“我想，你尽可以将所有能想到的废物都看作是潜在的原材料。”提布斯说：“任何在当下没有用的材料，都可以通过设计从源头将它消除，这样就不会生产出那种材料了。我们已经大体上知道如何建成零污染的加工工序。之所以还没有这么做，是因为我们还没下定决心。这与其说是技术问题，倒不如说是决心问题。”

所有证据都显示，生态技术即使带不来令人震惊的利润，也会带来一定的成本收益。1975年以来，跨国公司3M在每单位产品污染降低50%的情况下节约了5亿美元。通过产品改型、生产工序改进（比如少

用溶剂)或仅仅是捕获“污染物”等手段,3M公司便借助其内部工业生态系统中所应用的技术创新而赚到了钱。

提布斯给我讲了另外一个自我受益的内部生态系统例子:“马萨诸塞州有一家金属抛光厂多年来不断向当地的水道排放重金属溶剂。环保人士每年都在提高水纯净度门槛,直到不能再提高。这家工厂要么停工并将电镀生产迁走,要么建造一座非常昂贵的顶尖的全方位水处理厂。然而抛光厂方采取了更彻底的措施——他们发明了一个完全闭环的系统。这个系统在电镀业是前所未有的。”

在一个闭环系统中,同样的材料被一次又一次地循环利用,就像在生物圈二号或太空舱里那样。在实际中,多多少少会有些物质渗入或漏出工业系统,但总体说来,大多数物质都在一个“闭合回路”里面循环。马萨诸塞州那家电镀公司的创新是将加工工序所需的大量水和有害溶剂回收,并且全部在厂墙范围内循环使用。经过革新的系统其污染输出降至为零,并在两年内见到了收益。提布斯说:“如果由水处理厂来处理污水的话,要花50万美金,而他们新颖的闭环系统只花费了约25万美金。另外,因为不再需要每星期50万加仑的耗水量,他们还省下了水费。对金属的回收使得化学品的用量也降低了。与此同时,他们的产品质量也得到改进,因为他们的水过滤系统非常之好,再生的水比以前外购的本地水还要干净。”

闭环制造是活体植物细胞内自然闭环生产的映射——细胞内的大量物质在非生长期进行内循环。电镀工厂中的零污染闭环设计原则可以应用于一个工业园或整个工业区,从全球化的观念去看,甚至可以覆盖整个人类活动网络。在这个大循环里任何东西都不会丢弃,因为根本没有“丢弃”一说。最终,所有的机器、工厂以及人类的种种机构都成为一个更大的全球范围的仿生系统的成员。

提布斯可以举出一个已在进行中的原型。哥本哈根往西80英里,当地的丹麦企业已经孕育了一个工业生态系统的雏形。十多家企业以

开环形式合作处理邻近厂家的“废料”，在他们相互学习如何再利用彼此的排出物的同时，这个开环逐步“收口”。一个燃煤发电厂向一个炼油厂提供蒸汽轮机产生的废热（以前此废热排放至一个附近的峡湾）。炼油厂从其精炼工序中所释放的气体中去除污染成份硫，并将气体提供给发电厂作燃料，发电厂每年可以省煤3万吨。清除出来的硫卖给附近一家硫酸厂。发电厂也将煤烟中的污染物提取出来，形成硫酸钙供石棉水泥板公司作为石膏的替代品。煤烟中清出的粉尘则送往水泥厂。发电厂其他多余的蒸汽用来给一家生物制药厂还有3500个家庭以及一个海水鳟鱼养殖场提供暖气。来自渔场的营养丰富的淤泥和来自药厂的发酵料用来给本地农场作肥料。或许在不久的将来，园艺温室也会由发电厂的废热来保温。

实事求是地说，无论制造业的闭环如何高明，总有一星半点儿能量或没用的物质作为废料进入生物圈。这无可避免的扩散所带来的影响能够被生物界吸收，前提是制造出这些扩散的机械系统必须运行在自然系统所能承受的节奏和范围内。活体生物如水浮莲，能够将稀释在水里的杂质浓缩成为具有经济价值的浓缩物。套用20世纪90年代的话，如果工业与自然完美衔接的话，生物有机体足以能承载工业生态系统所产生的极少量的废物。

这种情景发展到极致的话，在我们的世界中就会充斥着高度变化的物质流，以及分散的、稀释的可回收物质。自然界擅长于处理分散和稀释的东西，而人工却不行。一座价值数百万美元的再生纸厂需要持续不断的、质量稳定的旧报纸供应。假如某天因为人们不再捆绑他们的旧报纸而造成纸厂停产，这样的损失是无法承受的。那种为回收资源建造庞大储藏中心的惯用方案使得原本就不丰厚的利润消耗殆尽。工业生态必须发展为网络化的及时生产系统 [\[19\]](#)，动态地平衡物质流量，使本地多余或短缺的物质得以穿梭配送，进而最小化应变库存。越来越多由网络驱动的“灵活工厂”能够采用可适应的机制，生产



更多品种的产品（但每种产品的数量却较少），从而来处理质量变化幅度更大的资源。

## 10.6 适应的技术

适应的技术，如分布式智能、弹性时间计算、生态位经济，以及教导式进化等，都唤起了机器中的有机性。在联结成为一个巨型回路之后，人造世界便稳固地滑向天生的世界。

提布斯对如何在制造业中模仿“天生世界”的研究使得他深信，随着工业活动变得越来越有机化，它将会变得——用一句现代的词儿来说，就是更“可持续发展”。想象一下，提布斯说道，我们正在推动肮脏的日常工业生产方式向具有生物特性的加工方式转化。绝大多数需要高温、高压环境的工厂，将会被运营在生物值范畴内的工厂所取代。“生物代谢主要以太阳能为燃料，在常温常压下运作，”提布斯在他1991年划时代的专题论文《工业生态学》中写道。“如果工业代谢也是如此的话，工厂作业安全方面就可能有巨大的收获。”热代表着快、猛和高效。冷代表着慢、稳和灵活。生命是冷的。制药公司正在进行一场革命，以生物工程酵母取代具有毒性和强力溶解性的化学品来制造药品。在制药厂保留高科技设备的同时，注入活性酵母汤剂中的基因则接手成为（生物制药的）引擎。利用细菌从废弃的尾矿中提取有用矿物是又一个生物过程取代机械过程的明证。这项工作在过去采取的方法既粗暴又破坏环境。

虽然生命构建在碳元素之上，它却不以碳为驱动力。碳驱动了工业的发展，同时伴以对大气的巨大影响。经燃烧释放入空气的二氧化碳和其他污染物与燃料中的复合碳氢化合物成正比。含碳量越高就越糟糕。其实从燃料中获得的真正能量并不是来自碳氢化合物中的碳，而是它的氢。

古时候最好的燃料是木头。若论氢和碳的比例，木柴中碳约占91%。工业革命的高峰期，煤是主要的燃料，其中碳占50%。现代工厂使用的燃油其含碳量为33%，而正在兴起的清洁燃料天然气，其含碳比例是20%。提布斯解释道：“随着工业系统的进化，[燃料]里的氢元素含量变得更高。从理论上说，纯氢会是最理想的‘清洁燃料’。”

将来的“氢能经济”会采用日光将水分解成氢和氧，然后将氢像天然气那样输送到各处，在需要能量的地方燃烧。这样一种对环境无害的无碳能源系统可以与植物细胞中以光为基础的能量体系相比拟。

通过推动工业生产流程向有机模式发展，仿生工程师们创建了一系列生态系统形式。其中一个极端是纯粹的自然生态系统，如高山草甸或是红树林沼泽。这些系统可以被看作是自顾自地生产生物量、氧气、粮食，还有成千上万稀奇古怪的有机化合物，其中一部分会被人类收获。另一个极端是纯粹的工业系统，合成那些自然界没有的或是存在量不多的复合物。在两个极端之间是一条混合生态系统带，比如湿地污水处理厂（利用微生物消化垃圾）或酿酒厂（利用活性酵母来酿造葡萄酒），而很快，生物工程工序就会利用基因工程来生产丝绸、维生素或胶黏剂。

基因工程和工业生态都预示着第三类仿生系统——部分是生物、部分是机器的系统。对各种各样能够生产我们所需的生物技术系统的想象才刚刚展开。

工业将无可避免地采用生物方式，这是因为：

◎它能用更少的材料造出更好的东西。如今，制造汽车、飞机、房屋、电脑等东西所消耗的材料都比20年前要少，而产品的性能更高。未来为我们创造财富的大多数生产方式，都将会缩小至生物学的尺度和解析度，哪怕用这些方法生产出的是和红杉树一样的庞然大

物。厂商们将体会到自然生物流程所具备的竞争力和创造力，进而驱使制造流程朝生物模式的方向发展。

◎今天，创造事物的复杂性已经达到了生物级别。自然是掌控复杂性的大师，在处理杂乱、反直观的网络方面给我们以无价的引导。未来的人造复杂系统为了能够运转，必然会有意识地注入有机原则。

◎大自然是不为所动的，所以必须去适应她。自然——她比我们还有我们的奇巧装置都大得多，为工业进展定下了基本的节奏。从长远来看，人造必须顺应自然。

◎自然界本身——基因和各种生命形式——与工业系统一样能够被工程化（或模式化）。这使得自然领域和人造/工业生态系统之间的鸿沟缩小了，工业能够更容易地投入和实现生物的模式。

任何人都可以看到，我们的世界正不断地用人造的小玩意儿来覆盖自己。但我们的社会在快速迈向人造世界的过程中，也同样快速地迈向生物世界。当电子小玩意多到令人眼花缭乱的时候，它们存在的主要目的是孕育一次真正的革命……生物学的革命。下个世纪中引领风骚的并非大家所鼓吹的硅，而是生物：老鼠，病毒，基因，生态学，进化，生命。

也不尽然准确。下个世纪真正的风流人物是超生物学：合成老鼠，电脑病毒，工程基因，工业生态，教导式进化，以及人工生命。（它们都是同一回事。）硅研究正一窝蜂地转向生物学。团队们热火朝天地竞相设计新型的计算机——它们不但能促进对自然的研究，且其自身也是自然的。

看看最近这些技术会和研讨会所透露出来的影影绰绰的信息吧：“自适应算法国际会议”（圣达菲，1992年4月），研究在电脑程序中融入有机体的灵活性；“生物计算”（蒙特利，1992年6月），声

称“自然进化是一个适应不断变化的环境的计算进程”；“源于自然的并行解题”（布鲁塞尔，1992年9月），把自然当作一部超级电脑；“第五届基因算法国际会议”（圣地亚哥，1992年），模仿脱氧核糖核酸（DNA）的进化能力；还有数不清的关于神经网络的会议，致力于将脑神经元的独特构造作为学习模式来复现。

在未来十年间，那些出现在你的卧室、办公室以及车库里最令人吃惊的产品都会从这些开创性会议的思想中产生。

这里来讲讲世界的通俗史：非洲的稀树大草原孕育出人类的狩猎和采集者——从而诞生了最原始的生物学；狩猎采集者们发展出自然的农业和畜牧业；农民们孵化出机器时代；而工业家们则孵化出正在兴起的后工业物品。它到底是什么，我们还在试图弄清楚。不过，我把它称为天生和人造的联姻。

确切地说，下个纪元的特色是新生物学而不是仿生学，因为在任何有机体和机器的混成物中，尽管开端可能是势均力敌的，但生物学却总是能最终胜出。

生物学之所以总是胜出，是因为有机并不意味着神圣。它并非生命体通过某种神秘方式传承下来的神圣状态。生物学是一个必然——近于数学的必然，所有复杂性归向的必然。它是一个欧米茄点 [20]。在天生和人造缓慢的混合过程中，有机是一种显性性状，而机械是隐性性状。最终，获胜的总是生物逻辑。

---

[1] 安东尼·高迪（Antonio Gaudi, 1852.06.25~1926.06.10）：西班牙建筑师，塑性建筑流派的代表人物，属于现代主义建筑风格。

[2] 圣家族大教堂（the Sagrada Familia）：又译作“神圣家族教堂”，简称“圣家堂”。

[3] 《杰森一家》（The Jetsons）：美国动画片，初始创作于1962年到1963年间，风靡美国多年。杰森一家生活在2062年，是一个科技乌托邦的时代，里面有许多古怪的机器和异想天开的发明。

[4] 110伏的“营养果汁”：这里指电力。美国的民用电压是110伏特。

[5] 时间讯号加载在电线和电话线上：作者这里提到的是电力线上网技术（PLC – Power Line Communication or Power Line Carrier），指将数字信号加载在普通的电力线上，从而实现电力线和网线合一。这项技术目前仍处于推广期。

[6] 智能房屋（smart house，也作smart building或smart home）：指借助中央电脑来对环境、设备和电器进行程序控制的建筑。

[7] 美国一些地方的居民用电实行分时电价，高峰期的电价贵。通过提高峰谷价比率，有效地把高峰负荷移到低谷。

[8] 比尔·盖茨的住宅是典型的智能房屋，于1990年动工，耗时7年，花费6000万美元，在作者写作该书时尚未完工。

[9] 帕罗奥多研究中心（PARC, Palo Alto Research Center, Inc.）：原施乐帕罗奥多研究中心（Xerox Palo Alto Research Center），曾是施乐公司最重要的研究机构，成立于1970年。在这里诞生了许多现代计算机技术，包括：个人电脑、激光打印机、鼠标、以太网、图形用户界面、Smalltalk、页面描述语言Interpress（PostScript的先驱）、图标和下拉菜单、所见即所得文本编辑器、语音压缩技术，等等。帕罗奥多研究中心在2002年1月4日起成为独立公司。

[10] 未加以充分利用的技术：这里应该是指图形用户界面（GUI – Graphical User Interface）。苹果计算机是第一款商业上成功的GUI产品，它在很大程度上得益于施乐研究中心的成果。施乐曾获许购买苹果公司上市前的股票，作为交换条件，施乐允许苹果的工程师访问其研究中心，并理解苹果可能开发其GUI产品。后来，在苹果起诉微软侵犯其GUI“观感”的著作权官司中，施乐也起诉苹果侵权。但后来由于施乐提起诉讼过晚，超过了有效期，因而案件被裁撤。

[11] 马克·威瑟（Mark Weiser, 1952.07.23~1999.04.27）：施乐公司帕洛阿尔托研究中心的首席科学家，被公认为是普适计算之父，1999年死于胃癌。

[12] 普适计算（Ubiquitous Computing，也作Pervasive Computing）：由已故施乐帕罗奥多研究中心计算机科学实验室主任马克·威瑟及其研究小组于20世纪80年代末（另一说是1990年代初）提出，90年代末得到广泛关注。一般认为，现在流行的“云计算”（Cloud Computing）概念是普适计算下的一个子概念，是一个具体应用。

[13] 《囚徒》（The Prisoner）：首播于1967年的英国电视系列片。2009年11月在美国AMC频道开始播放重拍的电视迷你剧。

[14] 贝尔通信研究（Bellcore – Bell Communication Research）：贝尔通信研究起始于1984年，当时美国电话电报公司（AT&T）分裂成7家区域性贝尔自营公司。贝尔通信研究的财政收入来源于各区域性的贝尔自营公司，它为这些区域性的自营公司提供标准协调。

[15] 哈丁·提布斯（Hardin Tibbs）：活跃于澳、欧、美三大洲的管理顾问，期货研究员。他是一位内行的策略分析师，具有产品研发及可视通讯设计方面的背景。

[16] 罗伯特·福罗什（Robert Frosch, 1928.05.22～）：美国科学家，哥伦比亚大学理论物理硕士，出生于纽约。1977年至1981年间在卡特总统任内担任NASA第5任行政官。担任过联合国环境规划署执行主席。

[17] 凯夫拉纤维：是美国杜邦公司与20世纪60年代研制出来的一种新型复合材料，具有密度低、强度高、韧性好、耐高温、易于加工和成型的特点，常被用在防弹衣和坦克的防护装甲上。

[18] 聚碳酸酯：是日常常见的一种材料，由于其抗冲击性好，且无色透明，常被用来生产光碟、眼镜片、防弹玻璃等。

[19] 及时生产系统（Just-In-Time System或JIT System）：是日本丰田汽车厂提出的一种生产体系模式，属于拉动式系统（Pull System）。在传统的推动式系统（Push System）中，根据市场预测制定生产计划，采购原料，安排生产，产品送入库存，再由库存来推动销售。而在拉动式系统中，由客户订单拉动生产，再拉动原料和配件采购，从而实现零库存。

[20] 欧米茄点（Omega Point）：基督教中用来描述宇宙进化的终点，在这个点上，复杂性和意识觉悟都达到最大化。



# 第十一章

## 网络经济学

### 11.1 脱离实体

很难说清约翰·派瑞·巴洛（John Perry Barlow）到底是干什么的。他在怀俄明州的松谷县拥有一家农场，还曾竞选过怀俄明州参议院的共和党席位。面对那些在战后婴儿潮中出生的人们，他经常会介绍自己是那个老牌地下乐队“感恩而死”<sup>[1]</sup>的替补词作者。对于这个角色，他颇为津津乐道，最主要的原因是它能在人脑子里造成某种混乱：一个“死党”<sup>[2]</sup>，却是共和党人？

在任意一个时刻，巴洛可能正在斯里兰卡为一条捕鲸船的下水而忙碌（那样环保人士就可以监控灰鲸的迁徙），也可能正在某个电子工程师联合会就言论自由和隐私权的未来而做演讲；他还有可能正在和日本的企业家们在北海道一边泡着温泉一边针对环太平洋地区的整合问题集思广益，或是在蒸汽浴室和最后一位空间幻想家制定定居火星的计划。我认识巴洛是在一个名为WELL<sup>[3]</sup>的实验性虚拟会议室里，那里的人都没有实体。他在其中所扮演的角色是一个“神秘的嬉皮士”。

我和巴洛在现实中见面之前，已经在WELL上相识并且一起工作了好几年。在信息时代，友朋之道往往就是如此。巴洛大概有10个手机号码，分属几个不同的城市，还有不止一个电子地址。我永远都不知道他到底在哪里，不过却总能在几分钟之内就联系到他。这家伙即

使坐飞机都带着一个可以插在机舱电话上的笔记本电脑。我在联系他时所拨打的那个号码可能会把我带到世界的任何一个地方。

我对他这种没有实体的状态感到很郁闷。跟他联系的时候，如果连他在地球的哪个地方都不清楚，我就会陷入一种混乱状态。他也许不介意这种没着没落的状态，但是我介意。当我拨打以为是在纽约的号码，不曾想却被他卷到了太平洋上空，顿生一种被人猛抻了一把的感觉。

“巴洛，你现在到底在哪儿？”有一次我极不耐烦地盘问道。当时我们正在进行一次冗长的通话，讨论一些非常棘手但却很关键的问题。

“这个嘛，你刚打过来的时候，我是在停车场，现在我正在行李箱店里修我的行李箱。”

“哎哟，你干脆做个手术直接把接收器安脑子里算了！那多方便啊，省得用手了。”

“我正是这么想的。”他回答道，没有一点开玩笑的意思。

从空旷的怀俄明州搬迁出来，巴洛现在栖身于赛博空间 [4] 那广袤的荒原上。我们之前的谈话，就发生在这个前沿阵地上。正如科幻小说家威廉·吉布森 [5] 曾经预见的那样，赛博空间所包裹着的巨大的电子网络正在工业世界的“地下”暗暗地扩张，就如同伸展开来的触手或藤蔓。根据吉布森的科幻小说，在不久的将来，赛博空间中的探险者们将会“接入”一个由电子数据库和类似视频游戏的世界所构成的无界迷宫中。一个赛博空间侦察员坐进一间小黑屋里，直接把“猫”（调制解调器）接入他的大脑，就能在脑中直接浏览由抽象信息构成的无形世界，就像在某个无边无际的图书馆中穿梭似的。各种迹象表明，这样的赛博空间已经零零散散地出现了。

不过，对于巴洛这个神秘的嬉皮来说，赛博空间还不止于此。它不仅仅是一个由数据库和网络构成的隐形帝国，也不仅仅是某种需要戴上特别的目镜才能进入的三维游戏，它还是一个包含任何无实体存在和所有数字信息的完整世界。用巴洛的话来说，赛博空间就是你和你的朋友在通电话时所“存在”的世界。

有一次，巴洛告诉一个记者：“没有什么东西能比赛博空间更无质无形，就像让人把你的整个身体都切除了一样。”赛博空间是网络文化的集散地。分布式网络那违反直觉的逻辑和人类社会的各种特异行为在此相遇。而且，它还在迅速地扩张。拜网络经济所赐，赛博空间已经成为一种越用越丰富的资源。巴洛俏皮地说，赛博空间“是一种特殊的地产——越开发它的面积就越大”。

## 11.2 以联结取代计算

当初为了给自己的邮购公司建立客户数据库，我买了我的第一台电脑。在玩转了这台苹果II的几个月后，我把它联结到电话线上，从此获得了一种宗教般的体验。

在电话接口的另一边是年轻的Net。虽然网络尚在襁褓之中，但就在那天拂晓，我意识到计算机的未来不在数字而在于联结——一百万台相互联结的苹果II型电脑所产生的力量，要远远超过一台价值数百万美元、用最精心的方式调制出来的、孤立的超级计算机。徜徉在Net之中，我有了一种醍醐灌顶般的顿悟。

正如我们所预料过的，计算机作为运算工具，将会推动世界进入一个更为高效的时代。但是，没有人会预料到，一旦计算机被用作通讯工具，这些被网络联结起来的计算机就会将这个已经取得诸多进步

的世界彻底颠覆，并把它推向一个完全不同的逻辑方向——Net的逻辑。

在所谓的“我时代”中，个人电脑的解放恰逢其时。个人电脑在过去仅仅是个人的奴隶：这些硅质的大脑忠诚而循规蹈矩，价格便宜又无比听话——哪怕你只有13岁，也能够轻松驾驭它们。在那时，一切似乎再清晰不过了：个人电脑以及它们的高性能后代一定会按照我们的详细要求重新塑造这个世界——个性化报纸、视频点播、定制的插件等。而作为个体的你，就是这一切的焦点和中心。然而，现实又一次出乎我们意料：这种硅基芯片的真正力量，不在于通过数字运算来为我们进行筹划的奇妙功能，而在于通过数字开关把我们联结在一起的神奇能力。其实，我们不该把它们叫作“计算机”，而应该把它们称作“联结器”。

到1992年时，网络技术成为计算机工业中增长最为迅速的领域。它表明，商业活动的各个领域都在以光速的效率把自己接入新的架构。到1993年，无论是《时代周刊》还是《商业周刊》，都以封面故事的形式对快速走近我们生活的数据高速公路做了特写——这条高速公路将把电视、电话和普通家庭联结在一起。用不了几年，你就可以用一个小玩意儿，通过“视频拨号”收发电影、彩照、完整的数据库、音乐专辑、详细设计蓝图，或是一整套书——随时随地、随心所欲，而且是瞬时完成——这可不是在做梦。

这种规模的网络化将会真正彻底地改变几乎所有的商业行为。它会改变：

◎我们生产什么

◎如何生产

◎如何决定生产什么

## ◎以及生产活动所处其中的经济的本质

无论通过直接还是间接的方式，在引入这种网络化逻辑之后，商业活动的几乎所有方面都被荡涤一新。网络——不仅仅只是计算机——能够让企业以更快的速度、更灵活的方式，生产各种更贴近消费者需求的新型产品。所有这些，都是在一个急速变化的环境中发生的。在这样的环境中，几乎所有的竞争者也都拥有相同的能力。为了应对这种根本性的变化，法律和金融体系也会发生变化，更不用说由于全球金融机构24小时联网所引起的难以置信的经济变化了。而尚在酝酿中的文化热潮也必将如同华尔街一般崛起，席卷整个网络并将之化为己用。

网络逻辑已经塑造出了一些产品，而这些产品正在塑造着今天的商业。“即时现金”，这种从ATM机里吐出来的东西，只有在网络环境下才会出现。类似的还有形形色色的信用卡、传真机，以及在我们生活中随处可见的彩色打印机。这种高质低价的现代四色打印机是将打印装置联网而成的。当印刷品在滚轴网络中穿行时，每种颜色通过联网装置的协调高速地叠印在印刷品上。生物技术制药也需要用这种网络化的智慧来管理那些“活体基液”在大桶容器之间的流动。甚至零食加工行业也在催促我们采用类似的方式，因为用来烹制它们的那些分散的机器，也可以通过网络来进行协调。

在网络化智能的管理下，普通的制造业也会有更上层楼。网络化设备不只能生产出更纯的玻璃和钢，它的适应力还能让同样的设备生产出更多样化的产品。在生产过程中可以控制合成成分上的细微差别，从而突破了原来笼统而粗略的材料，制造出更精确的新材料。

网络化还能对产品维护提供帮助。早在1993年，有些商用设施（如必能宝的传真机、惠普的微型电脑、通用电气的身体扫描仪）就可以进行远程的诊断和修理。你只要把一根电话线插到机器里，身处工厂的操作员就可以对它的内部进行查探，看看它是否正常运转——

如果不是的话，通常可以直接对机器进行远程修理。这种远程诊断技术是由卫星制造商开发出来的——对于他们来说，这实在是无可选择的事情：他们只能对产品进行远程维修。现在，这种方法正被用来修理传真机、卸载硬盘、或者在千里之外快速地修复一台X光机。有时候，还可以通过上传新的软件来进行修理；最起码，修理人员在去现场前就可以知道他需要带什么工具和配件，从而加快了过程。其实，这些网络化了的设备可以看成是某个更大的分布式机器的节点。最终，也许所有的机器都可以被联结到一个网络之中，这样当它们快要不行的时候就可以给修理人员发出警报，并可以接受智能升级，在工作的同时完善自身。

这种在公司范围内，将受过良好教育的人和网络化的计算机智能无缝地整合到一个网络之中，以保证其卓越品质的技术，被日本人做到了极致。日本制造企业正是因为内部对这些关键信息进行大量协调，才能为世界提供巴掌大小的摄像机和经久耐用的汽车。然而，正当其他的工业领域开始发了狂似地安装网络驱动的制造机械的时候，日本人已经转移到了网络逻辑的下一个前沿：灵活制造和大规模定制。比如，位于日本国分地区的国家自行车工业公司可以在装配线上生产定制的自行车。你可以在它总计达到1100万的各不相同的车型中选择适合自己口味的来下订单，而价格与一般大批量生产的非定制的自行车相比只高10%。

企业所面临的挑战可以简要地概括为：向外扩展企业的内部网络，使其包含市场上所有与公司打交道的实体或个人，从而编织起一张巨大的网，把雇员、供应商、监管人员和消费者都囊括进来，使他们都成为公司的集体性存在的一部分。“他们”，就是公司。

无论是在日本还是美国，那些已经着手建立拓展的分布式公司的集团都展示出巨大的能量。譬如，全世界牛仔服装供应商李维斯 [6] 已经把它的一大部分实体都网络化了。持续不断的数据从它的总部、



39个制造厂和成千上万的零售商那里流出，汇聚成一个经济上的超级有机体。当美国巴法罗的商场有人买进石洗布的时候，这些销售数据就会在当夜从这个商场流入李维斯的网络中。网络会把这笔交易和其他3500个零售店的交易汇总在一起，然后在几个小时之内生成一条增加石洗布产量的指令给位于比利时的工厂，或者向德国的工厂要求更多的染料，或者向美国北卡罗莱纳州的棉花厂要求增加牛仔布的供应。

同样的信号也让网络化了的工厂运转起来。成捆的布从厂房中带着条形码被送到这里。在这些布变成裤子的过程中，它身上的这些条形码将会由手持激光条码阅读器来记录追踪：从织布厂到运货车再到商店的货架上。与此同时，商场也会收到一个答复：用来补货的裤子已经上路了。而所有这些，不过发生在大约几天的时间里。

这个从顾客购买到订购材料再到生产的回路是如此的紧密，以至于一些高度网络化的服装商，如贝纳通，会夸耀说，他们的毛衣不到出门的时候是不会做染色这道工序的。当各地连锁店的消费者开始抢购青绿色套头衫时，几天之内，贝纳通的网络就会开始加染这种颜色的衣服。这样一来，决定当季流行色的就不再是时尚专家，而是那些收款机。通过这种方式，贝纳通才能在变幻莫测的时尚大潮中始终立于风头浪尖上。

如果你用网络把计算机辅助设计工具与计算机辅助制造联结在一起的话，那么你能做到的就不仅是灵活地控制颜色，而且可以灵活地控制整个设计过程。你可以用很短的时间先设计出一个样式，然后少量地生产和投放，再根据反馈快速地进行修改，一旦成功则迅速增加产量。整个周期只需要几天的时间。直到不久前，这个周期还需要用季度甚至是年来衡量，其所供选择的方案也非常有限。花王是日本的一家清洁剂和化妆品制造商。它发展出一套极其紧密的网络配送系统，即使是最小的订单都能够在24小时内送达。

那么，为什么不用同样的方式生产汽车和塑料呢？事实上，你可以。但有一个前提，一个真正具有适应性的工厂必须是模块化的。这样一来，它的工具和流程才能够迅速地进行调整和重新配置，以便生产出不同型号的汽车，或者不同配方的塑料。今天这条组装线还在生产旅行车或者聚苯乙烯泡塑料，隔天它就在生产吉普或者胶质玻璃了。技术人员把这称为灵活制造。组装线可以进行调整以适应产品的需要。这是一个非常热门的研究领域，拥有巨大的潜力。如果你能在运行中就对生产流程进行调整而无需停下整个流程，你就可以在一个批量里生产不同的东西。

不过，要想让你的生产线获得这种灵活性，你得让那些现在还被铆在地上、重达几吨的机器能够踮起脚尖来。想要它们舞动起来的话，就需要把许多大块头的东西替换成网络化的智能组件。要想实现灵活制造，就必须让灵活性深深植入系统。这意味着，机器模具本身必须是可以调整的，物料分送的规划必须能在咫尺之间灵活转向，所有的劳动力都必须协调成一个整体，包装供应商不能有任何中断，同时货运线也必须是可调的，市场营销也必须同步。而所有这些，都是通过网络来完成的。

今天，我的工厂可能需要21辆平板卡车、73吨醋酸盐树脂、2000千瓦电力和576小时人工，但到了第二天，也许就什么都不需要了。所以，如果你是提供醋酸盐树脂或者电力的公司，你就需要和我一样灵活，否则我们就无法共事。我们将作为同一个网络来分工协作，共享信息与控制。到了这个时候，有时已经很难说清楚到底是谁在为谁工作了。

联邦快递过去常常为IBM运送电脑核心配件。而现在，它也在自己的库房中存放这些配件。借助网络，联邦快递对新入库的配件在哪里了如指掌——就算它是在某个海外供货商那里刚刚生产出来的。当你从IBM的产品目录中订购某样东西后，联邦快递就通过他们的全球

配送服务把东西给你送去。当联邦快递的人把这个配件送到你门口的时候，发货人到底是谁呢？是**IBM**还是联邦快递？施奈德物流公司是另外一个例子。这个美国首家全国性的卡车运输公司通过卫星把它全部的卡车都实时地接入了网络之中。一些重要客户的订单是直接发送到施奈德公司的调度电脑中的，帐单也同样是从施奈德公司的电脑中直接接收的。谁在管事？运输公司与供应商的业务分界又在哪里？

消费者也在被飞快地卷入这种分布式公司。无处不在的“800”电话（对方付费热线）很快会在车间内响起，这样一来，用户反馈就会直接影响到生产线上应该生产什么东西、以及如何生产这些东西。

## 11.3 信息工厂

我们可以想象一下未来的公司形态：它们将不断地演化，直到彻底的网络化。一个纯粹网络化的公司，应该具有以下几个特点：分布式、去中心化、协作以及可适应性。

分布式——商业不再是在某个单一的地点进行。它在几个不同的地方同时发生。公司的总部甚至可能不会设在一个地方。苹果电脑公司就有大量的建筑密布在两个城市里，每一栋建筑都是公司某一个不同职能的“总部”。即使是小公司也可以在同一地域中以分布式的方式存在。一旦实行了网络化，你到底是在楼下的办公室还是在城市的另外一头，根本就不重要。

位于加利福尼亚州喜乐屯市的**Open Vision**公司，是这种新模式下的一个典型例子。这是一家普通的小软件公司。正如公司CEO迈克乐·菲尔德斯所说：“我们是一个真正的分布式公司。”**Open Vision**在美国的许多城市中都有客户和雇员，所有工作都在网络上进行。不过，“他

们中的绝大多数人甚至都不知道喜乐屯到底在什么地方”，菲尔德斯在接受《旧金山纪事报》采访的时候这样说。

不过，在这种朝终极网络化延伸的过程中，公司不应该被拆成仅仅是很多单干的个人组成的网络。就目前收集的数据和我自己的经验来看，对于完全分布式的公司来说，最合理的解决方案是组合成8到12个人的团队放在同一个地点进行工作。一个身量巨大的全球性企业，如果按照完全网络化的方式进行组织，可以被看成是一个由细胞组成的系统，每个细胞都由一打左右的人员构成，包括许多由12个员工掌管的迷你工厂、一个12个人构成的“总部”、成员为8人的利润中心，以及由10个人运作的供应部门。

去中心化——如果你只有10个人的话，怎么能完成一个大规模的计划？就所谓工业革命而言，在绝大多数情况下，真正的财富都是通过把某种流程置于集中控制之下而获得的。越大，效率越高。过去的那些“攫财大亨”们发现，如果能够把自己产业中的每一个关键环节和补充环节都控制在手里，就能挣到数以亿计的钱。正因为如此，钢铁公司才要控制矿脉、采自己的煤、建自己的铁路、制造自己的设备、为自己的员工提供住房，并且力争在一个巨人般的公司内部达到某种自给自足。当世界低速运转的时候，这种方法确实有效。

而今，经济发展日新月异，拥有这样完整的生产链已经变成了某种负担。这种做法只有在“逢其时”时才有效率。如今时过境迁，控制必须让位于速度和灵活性。那些附加职能，比如为自己提供能源，很快就会转给其他的公司。

甚至那些本来很重要的功能也被转包出去了。举例来说，嘉露酿酒厂就不再自己种植那些酿制葡萄酒所需的特种葡萄；它把这部分费力不讨好的工作分给别人去做，自己则专注于酿造和市场营销。同样，一个汽车租赁公司也会把修理和维护自己车队的工作转包给其他公司，只专注于租赁业务本身。一个航空客运公司会把它的跨洲航班

的货仓位（一个极其重要的利润中心）转包给一家独立的货运公司，因为他们发现，后者会比他们自己更好地经营这块业务，并获得更多的利润。

底特律的汽车制造商曾经以一切亲力亲为而著名。现在它们却把近半的职能都分包出去了，其中包括相当重要的发动机制造工作。通用汽车甚至雇佣了匹兹堡玻璃板工业公司在通用汽车的厂房内对车体进行喷漆——就销售而言这是非常关键的环节。在商业期刊中，这种渐成燎原之势的通过分包实现去中心化的做法，被称为“外包”。

通过借助电子手段进行巨量的技术和财务信息交换，大规模外包的协调成本已经降低到一个可以承受的水平。简单来说，网络使得外包成为一个具备可行性、可盈利性、且具有竞争力的选择。一个被分派出去的任务，可能要往复好几次，直到最终落实到某个规模虽小但结构紧凑且能够专注、高效地完成任务的团队的肩膀上。通常情况下，这些团队可能是一个独立的公司，也可能是某个自治的分支机构。

研究表明，如果把一个任务拆分成若干块交给不同的公司来完成，若想保证质量的话，所需的交易成本要高于在一个公司内完成这项任务的成本。但是，（1）网络技术的发展，比如电子数据交换和视频会议，使得这些成本日益降低；（2）相较于适应性增强所带来的巨大收益，这些成本进一步降低——企业不需要再纠缠于那些现在已经不需要的工作，而且可以开始着手处理那些将来可能会需要的任务——而这些，是中心化的企业所缺乏的。

在逻辑上对外包进一步延展，不难得到这样的结论：一个百分之百网络化的公司只需一个办公室就能容下其所有的专业人士，并通过网络技术与其他的独立团体相联结。大量数以百万美元计的无形业务可以由一个只有两个助理的办公室搞定，甚至有的根本就不需要办公

室。大型广告公司Chiat/Day [7] 就正致力于把它的实体总部给拆分掉。在项目进行期间，团队会租用酒店的会议室，利用便携式电脑和电话转接进行工作。项目完成之后，这个团队就会解散然后重组。这些团队有些是“属于”公司的，另外一些则单独管理和单独核算。

让我们来假想一家未来设在硅谷的汽车制造商，我把它叫作“新贵汽车公司”。新贵汽车公司准备与日本的汽车三巨头一较高下。

新贵的架构是这样的：有12个人在加州帕罗奥多市一个干净整洁的写字楼里共用一个办公室，其中包括一些财务人员，4个工程师，一个CEO，一个协调员，一个律师和一个市场人员。在城市另外一头，员工们在一个旧仓库里组装一款油耗为每加仑120英里的环保汽车。这款车由保力强复合材料、陶质引擎以及各种电子器件组成：高科技塑料来自与新贵合资的一家年轻公司；引擎则是从新加坡买来的；而其他器件都带有条码，每天都会从墨西哥、犹他州还有底特律源源不断地运来。运输公司充当了这些器件的临时仓储——当天需要的材料正好在当天送达工厂。每辆汽车都是消费者通过网络定制的，并且在装配完成后立即发货。计算机控制的激光车床快速为车体模具定型，而车体设计则是通过消费者反馈和目标市场决定的。由机器人组成的灵活流水线负责汽车的装配。

机器人的维修和改进被外包给了一个机器人公司。一家名为“巅峰厂房维修服务”的公司负责厂棚的维护。而接听电话这类事情则交给了位于圣马特奥市的一家小服务商。公司里所有团队的行政工作都交由一家全国性机构打理。计算机硬件的维护也照此办理。市场和法律人员各司其责（这是当然的），而这些人也是公司外聘来的。记帐工作几乎完全计算机化，但一个外部的会计公司会从远程响应公司的任何会计需求。直接从新贵公司领工资的人总共也就100人左右，他们组成一个个小组，每个小组都有自己的福利计划和薪酬制度。通过帮助供



应商成长、与合作伙伴结盟甚至是投资于合作伙伴，新贵汽车迅速占领了市场。

好像有点遥远，是吧？其实并非那么远。让我们看看一家现实中的硅谷先驱公司是如何在10年前起家的。詹姆斯·布赖恩·奎恩 [8] 在1990年3/4月的《哈佛商业评论》中写道：

苹果的微处理器是从Synertek [9] 买的，其他的芯片则来自日立、得州仪器和摩托罗拉，显示器是日立的，电源是阿斯泰克的，打印机则来自于东京电子和奎茂 [10]。同样，通过把应用程序的研发外包给微软、市场推广外包给麦金纳顾问公司 [11]、产品设计外包给青蛙设计公司 [12]、配送外包给ITT工业集团和ComputerLand，苹果公司最大程度地降低了内部的事务性服务和资本投入。

从这种网络化的外包中获益的不只是商业活动。市政和其他政府机构也很快就有样学样了。芝加哥市就是众多事例中的一个，它把它的公共停车管理包给了罗斯·佩罗建立的计算机外包公司EDS [13]。EDS开发了一种在手持计算机设备上运行的系统，这个系统可以打印罚单，并且与芝加哥市2.5万个咪表的数据库相联网，从而提升罚款的收缴。在EDS为芝加哥市承接了这个任务之后，罚单的缴付率从10%一跃至47%，为颇为窘困的市财政增加了6000万美元的收入。

**协作性**——将内部工作网络化具有重大的经济意义，以至于有时某些核心功能甚至会外包给公司的竞争者，达到互惠互利。企业之间可能在某个业务上合作，而同时又在另外一个业务上竞争。

在美国，很多主要的国内航空公司都会把复杂的订座和出票流程外包给他们的竞争者美国航空公司。同样，万事达和VISA这两家信用

卡公司有时候也会把收费或交易处理流程交给他们的主要竞争者美国运通来做。在20世纪90年代，“战略联盟”对公司来说是个很时髦的词。每个人都在寻找可以和自己形成共生关系的合作伙伴，甚至是和自己能形成共生关系的竞争者。

各个行业，如运输、批发、零售、通讯、市场营销、公共关系、制造、仓储，它们之间的界线都消失在无限的网络之中。航空公司会做旅游，会用直邮卖旧货，会安排酒店预订；而与此同时，计算机公司却几乎已经不去碰硬件了。

也许到了某一天，那种完全自给自足的公司会变得非常少见。公司这个概念的寓意，也会从那种紧密耦合、被严格约束的机体，变为一种松散耦合、松散约束的生态系统。那种把IBM看成是一个有机体的概念需要被颠覆了。IBM其实是一个生态系统。

**适应性**——从产品到服务的转移是无可避免的，因为自动化会不断降低物质复制所需的成本。事实上，复制一个软件光盘或者一盘音乐磁带的成本，只是这个产品的一小部分成本。而且，当产品的尺寸变得越来越小的时候，它们的成本也会不断下降，因为用的料越来越少了。一粒药片的成本只是它的售价的一小部分而已。

不过，在制药、计算机以及越来越多的高科技产业中，用于研发、设计、授权、专利、版权、营销和客户支持的费用，也就是那些属于服务性的成分的费用，却占据着越来越大的比重。而所有这些都是信息和知识密集型的。

今天，一个超级产品并不足以支持一个公司很长的时间。事物的更迭是如此之快；创新的替代品（比如取代电缆的光缆）、反向工程、克隆，以及让弱势产品繁荣昌盛的第三方附加件，还有迅速变化的各种标准（Sony虽然在Beta VCR上损失惨重，但仍然有可能在8毫

米磁带上占据绝对优势)联合在一起,都试图绕过那些传统的获取优势的路径。要想在新的时代挣到钱,你得追随信息之流。

一个网络就是一个信息的加工厂。当一个产品的价值随着其中所蕴含的知识增加而提高时,产生这些知识的网络其价值也随之增加。一个由工厂生产出来的小器件,曾经遵循从设计到生产再到配送的线性路径。而今,一个通过某种灵活的生产流程制造出来的小器件,其生命历程呈现出一种网状的形态——同时散布在众多不同位置的不同部门,而且已经溢出了工厂,以致很难说到底哪一件事是先发生的,又到底发生在什么地方。

整张网络同时在行动。营销、设计、制造、供应商、购买者都被卷入到创造一个成功产品的过程中。产品设计意味着要让营销、法律和工程团队同时都来参与,而不是像过去那样顺序完成。

从20世纪70年代UPC条形码在商店中流行开始,零售类商品(罐装汽水、袜子)在柜台处的动向就已经和后台管理系统联结起来了。不过,在一个成熟的网络经济中,应该做到通过添加弱通讯能力而把这些东西跟前台管理系统以及消费者联结起来。生产带有主动微型芯片而不是被动条形码的小东西,就意味着在一家有数以千计的货架的折扣店里,每个货架上都摆放着数百个智力迟钝的小东西。那么,为什么不激活这些芯片?它们现在可是有智力的。它们可以自己显示价格,托你的福,还可以很容易地按照销售情况来调整价格。如果店主想要促销,或是你手上有某种优惠券或者打折卡,它们可以重新计算自己的价格。一个产品还可以记住你是否在看了一眼标价后就走开了——这可是店主和制造商很感兴趣的信息。无论如何,广告商可以吹嘘说:至少你抬眼看了。当货架上的商品获得自己或相互之间的注意,并且和消费者产生互动的时候,它们会迅速迸发为完全不同的经济形态。

## 11.4 与错误打交道

尽管我很看好网络经济，但是仍然有许多令人担忧的地方，这些问题也同样存在于其他的大型、去中心化的自为[\[14\]](#)系统中。

◎它们很难被理解

◎它们不太容易受控制

◎它们并非最优化的

当各种公司取消实体进入某种巴洛式的赛博空间之后，它们就有了某种类似于软件的特点。无污染、无重量、快速、有用、可移动而且有趣。但同时也可能变得非常复杂，充满了没人能查明的烦人的小毛病。

如果未来的公司和产品就跟现在的软件一样，那意味着什么？会破碎的电视机？突然熄火的汽车？会爆炸的烤面包机？

大型软件程序可能是人类现在所能制造的最复杂的东西了。微软的新操作系统有400万条代码。当然，在7万个Beta版本的测试点进行测试之后，比尔盖茨肯定会说，现在这个软件没有漏洞了。

那么，我们是否可能制造出那种超级复杂而又没有任何缺陷（或者，只有很少几个缺陷）的东西来呢？网络式经济到底是能帮助我们创造出一种没有缺陷的复杂系统，还是只能为我们建立一个有漏洞的复杂系统？

不管各种公司自己会不会变得更像软件，至少，它们所生产的越来越多的产品肯定会依赖于愈加复杂的软件，所以说，创造没有缺陷的复杂系统是绝对必要的。

在仿真领域，验证一个仿真的真伪，与测试一个大型复杂软件是否有缺陷是同一类问题。

加拿大计算机学家戴维·帕那斯 [15] 曾经对里根的星球大战计划提出了8条批评意见。他的观点基于超级复杂软件内在的不稳定性，而星球大战计划恰恰就是这么一种超级复杂的软件。戴维·帕那斯的观点中，最有趣的一个是指出存在两种类型的复杂系统：连续的和非连续的。

通用汽车公司在测试新车应对急弯的性能时，会让这辆车在不同的时速下进行测试，譬如50、60、70英里。显然，性能随时速的变化是连续的。如果一辆汽车能够在时速50、60、70英里的时候通过测试，无需测试我们就会知道，在各种中间速度的时候，比如每小时55或者67英里，它也肯定能通过测试。

他们不用担心这辆车以每小时55英里的速度行驶时突然长出翅膀来或者翻个底朝天。它在这个速度上的性能，基本上就是它在50英里和60英里时性能的某种插值。一辆汽车就是一个连续的系统。

计算机软件、分布式网络以及绝大多数的活系统都是非连续的系统。在复杂的适应性系统中，你根本不可能依赖插值函数来判断系统的行为。你的软件可能已经平稳运行了好几年，然后突然在某些特定的值点（比如，每小时63.25英里），轰隆一声系统爆炸，或者突变为某种全新的东西。

断点始终都存在着，而你已经测试到了所有的邻近取值，却没有测试到这特别的一组环境值。事情发生后，你会一目了然为什么这个故障会导致系统崩溃，甚至能明白地指出为什么人们本该找出这个隐患。不过，这都是事后诸葛亮。在一个拥有海量可能性的系统中，根本不可能对所有的可能性进行测试。更糟糕的是，你还不能依靠抽样的方式来对系统进行测试，因为它是非连续的系统。

对于一个超级复杂的系统来说，测试者没有任何把握说那些没测试到的值就一定会和抽样到的数据之间呈现一种连续关系。不过，尽管如此，现在还是出现了一个旨在达到“零缺陷”软件设计的运动。不用多想，这个运动肯定又是发生在日本。

对于小程序来说，这个“零缺陷”的零就是0.000。但是对于那种超大型的程序来说，这个“零”指的就是小于等于0.001。这是指每千行代码允许的误差值，而这只是产品质量的一个大概标准。这些旨在编写零缺陷软件的方法，大量借鉴了日本工程师新乡重夫的零缺陷生产的开创性工作。当然，计算机科学家们声称，“软件不一样”。软件可以被完美复制，因此只需要保证最开始的那一份是“零缺陷”就好了。

在网络式经济中，研发新产品的费用主要源自生产流程的设计，而非产品设计。日本人擅长生产流程的设计和改进，而美国人擅长的是产品的设计和改进。日本人把软件看作一个生产流程而不是产品。在渐露端倪的网络文化中，我们所生产的越来越多的东西——当然也是我们越来越多的财富——都与符号处理流程密切相关，这些流程所装配的是代码而非实物。

软件可靠性大师C.K.曹曾经告诫业界人士，不要把软件看成产品，要把它看成便携式工厂。你卖的，或者说，你给予客户的是一个工厂（程序代码），可以在客户需要的时候为他制造出一个答案。你的难题是要制造一个能生产零缺陷答案的工厂。建造能够生产出完美可靠器件的工厂的方法，也可以轻易地应用到创建能给出完美可靠答案的工厂上。

通常，软件的编制遵循三个中心化的关键步骤。首先设计一个全景图，然后用代码实现细节，最后，在接近项目尾声时，将其作为交互的整体来进行测试。而在零缺陷质量的设计流程中，整个软件编制过程不再是几个大的关键步骤，而是被分散成上千个小步骤。软件的



设计、编写和测试工作每天都在成百个小工作间里进行着，每个小工作间里都有一个人在忙碌着。

这些零缺陷的传道者有一个概括网络式经济的口号：“公司里的每个人都有一个客户。”通常而言，这个所谓的客户，就是你的工作伙伴，你要将工作依次转交给他。而你必须首先把你的那个小循环（设计-编写-测试）做好，才能把它交付给你的工作伙伴——就好像你在销售商品一样。

当你把你的工作成果交付给你的客户/工作伙伴的时候，他/她就会立刻对它进行检测，并把其中的错误反馈给你，让你进行修改，让你知道你的这份工作完成的到底怎么样。从某种意义上来看，软件的这种自下向上的发展过程与罗德尼·布鲁克斯的那种包容结构本质上并无不同。每个小步骤都是一个小的代码模块，能确保自身的正常运行，在此基础上，人们叠加和测试更复杂的层级。

单靠这些小步骤并不能得到零缺陷的软件。“零缺陷”的目标隐含着一个关键的概念区分。所谓缺陷，是指被交付出去的错误；而在交付之前被修正的错误，不能算是缺陷。按新乡重夫的说法：“我们绝对不可能避免错误，但是我们可以避免错误成为缺陷。”因此，零缺陷设计的任务就是尽早发现错误，尽早改正错误。

不过，这是显而易见的事情。真正的改进在于尽早发现产生错误的原因，并尽早清除产生错误的原因。如果一个工人总是插错螺栓，那就设置一个防止插错螺栓的系统。犯错的是人，处理错误的则是系统。

日本人在防错领域的经典发明是一种称为**Poka-Yoke**的防错系统[16]——它可以使事情对人们所犯的错误具有“免疫力”。在装配线上设置一些巧妙而简单的装置就可以防止错误的发生。比如，在放螺栓的托盘上为每一个螺栓设定一个特别的孔位，这样，如果托盘上有螺

栓剩下，操作人员就知道自己漏装了一个。在软件生产中，有一种防错设计是“拼写错误检查器”，它不允许程序员输入任何拼写错误的命令，甚至不允许他/她输入任何非法（非逻辑）命令。软件研发人员们有越来越多可供选择的非常精巧的“自动纠错程序”软件，用来检查正在编写中的程序，以防止典型错误的出现。

还有那些顶尖级的研发工具可以对程序的逻辑进行分析和评价——它会说，“嘿！这一步根本没意义！”，从而在逻辑错误一出现的时候就将其清除。有一本软件业的交易杂志最近列出了近百种检错和改错工具，沽价待售。其中最精致的一种还可以像那些优质的拼写检查软件一样，为程序员提供合乎逻辑的改错选择。

另外一种非常重要的防错方法是对复杂软件进行模块化。1982年发表在IEEE的《软件工程汇刊》上的一个研究显示，在其他条件完全相同的状况下，代码总行数相同的程序拆分为子程序之后，错误数量是如何减少的。一个1万行的程序，如果是一整块，它有317个错误，如果把它拆分为三个子程序，那么总数还是1万行的程序，错误数则略有减少，为265个。每拆分一次所减少的错误量，大致符合一个线性方程，所以模块化虽然不能完全解决问题，但它却是一种有效的手段。

进一步来说，当程序小到某个阈限以下之后，就可以达到完全没有错误的状态。IBM为它们的IMS系列所写的代码，就是以模块化的方式编制的，其中有3/4的模块达到了完全没有缺陷的状态。具体来说，就是在425个模块中，有300个是完全没有错误的。而在剩下的125个有错误的模块中，有超过一半的错误集中发生在仅仅31个模块上。从这个意义上说，程序编制的模块化，就是程序的“可靠化”。

在软件设计领域，现在最热的前沿就是所谓“面向对象”的软件。一个面向对象的程序（OOP）实际上就是一个相对去中心化的、模块式的程序。对于一个OOP来说，它的一个“碎片”，就是一个独立成立、保持自身完整性的单元；它可以和其他的OOP“碎片”整合在一起

形成一个可分解的指令结构。“对象”限制了程序漏洞所能造成的损害。和那种传统程序不同，**OOP**有效地对功能实行了隔离，把每一个功能都限制在一个可掌控的单元内，这样一来，即使一个对象崩溃了，程序的其他部分也能够继续运转，而对于传统程序来说，一个地方出了问题，整个程序就会崩溃。程序员可以把这个坏掉的单元换掉，就好像我们可以给一个汽车换刹车片一样。软件的销售商可以购买或者销售各种事先编制好的“对象”库给其他的软件研发人员，后者则可以基于这些库里的对象快速地组装起大型软件，而不用再像以前那样重新一行一行地编写新的代码。而到了要为这种大型软件升级的时候，你所要做的就是升级旧的对象或者加入新的对象。

**OOP**中的“对象”，其实就像乐高（**Lego**）积木玩具中的那些小块，但这些小块可能还带着非常微小的智能。一个对象可以类似于苹果电脑显示器上的一个文件夹图标，只不过这个图标知道自己是一个文件夹，而且可以对某个程序要求所有文件夹列出内容清单的请求做出响应。一个**OOP**也可以是一张税表，或者某个雇员在公司的数据库，或者某个电子邮件信息。对象知道自己能干什么不能干什么，同时也在和其他的对象横向交流。

面向对象的程序使软件具备了中等程度的分布式智能。它和其他分布式的存在一样，有一定的抗错性，能够（通过删除对象）快速修复，并且通过有效单元的组装来实现扩展。

前面提到，在**IBM**的代码中有**31**处错误。而包含这些错误的模块充分说明了软件的一个特性——错误总是扎堆出现的。我们可以利用这个特性来达到质量管理上的希格玛精度。零缺陷运动的圣经《零缺陷软件》写道：“你发现的下一个错误，极有可能出现在你已经找出了**11**个错误的模块里，而那些从未出过错误的模块，则可能会一直保持不败金身。”错误扎堆现象在软件中是如此普遍，以至于被当作一

条“魔鬼定律”：当你发现一个错误的时候，也就意味着还有另外一堆你没看见的错误在什么地方等着你。

《零经》中提到的补救方法是这样的：“不要把钱花在错误百出的代码上，抛弃它！重写一段代码的代价和修补一个错误百出的模块的代价相差无多。如果软件的某个单元的错误率超过了一定的阈限，就把它扔掉，另找一个开发人员来重写代码。如果你手上正在编写的代码显示出某种容易出错的倾向，就放弃它，因为在前期出现错误的话，也就意味着后面还将不断地出错。”

随着软件的复杂性迅速增加，在最后关头对其进行详细检测是不可能的。因为它们是非连续的系统，所以总会隐藏着某些诡异的个例或是某种致命的响应——其被激活的几率可能只有百万分之一，无论是系统化的测试还是抽样测试都无法发现它们。另外，尽管统计抽样能够告诉我们是否有出错的可能，却无法确定出错的位置。

新生物学的解决之道是用一个个可以正常工作的单元来搭建程序，并在这个过程中不断地对其进行检测和修正。不过，我们还会面临这样的问题：尽管各个单元是没有漏洞的，但在搭建的过程中，仍然会发生意料之外的“突现行为”（即漏洞）。不过，你现在所要做的就是更高一级的层面上进行测试（因为底层单元已经被证明是没有问题的），因而是有希望做到“零缺陷”的——这比要同时应付突现问题和深埋问题的情况要好得多了。

泰德靠发明新的软件语言谋生。他是面向对象程序语言的先行者，是SmallTalk和HyperCard的编写者，现在正在为苹果电脑研发一种“直接操作”（direct manipulation）式语言。当我问起苹果的零缺陷软件时，他一语带过：“我认为是有可能在产品化的软件中达到零缺陷的，譬如说你正在写的又一款数据库软件。只要你真正明白自己在干什么，就可以做到没有任何错误。”

泰德永远都不可能跟日本的那种软件作坊合得来。他说：“一个好的程序员可以对任何一个已知的、规律的软件进行重写，巧妙地减少代码。但是，在创造性编程过程中，没有任何已经被完全理解的东西。你不得不去编写自己也并不明白的东西……嗯，是，你是可以写出零缺陷的软件，但它会有好几千行超出所需的代码。”

自然亦是如此：它通过牺牲简洁性来换取可靠性。自然界中存在的神经元回路，其非最优化程度始终令科学家们瞠目结舌。研究小龙虾尾部神经细胞的科学家们揭示了这种回路是多么令人震惊地臃肿和丑陋。只要花点功夫，他们就能设计出一种紧凑得多的结构。不过，尽管小龙虾的尾部回路要比它真正需要的冗余很多，却是不会出错的。

零缺陷软件的代价就是它的“过度设计”，超量建设，多少有点浮肿——永远不会处在泰德和他的朋友所经常逗留的那种未知的边缘。它是用执行效率来换取生产效率。

我曾经问诺贝尔奖得主赫伯特·西蒙 [\[17\]](#) 如何让这个零缺陷哲学与他那个不求最优，但求够好的“满意化”概念相包容。他笑着说：“哦，你可以去生产零缺陷的产品。但问题在于你是否能够以一种有利可图的方式来生产它？如果你关心的是利润，那么你就得对你的零缺陷概念进行满意化处理。”哦，又是那个复杂性的妥协问题。

网络式经济的未来在于设计出可靠的流程，而不是可靠的产品。与此同时，这种经济的本质意味着这种流程是不可能最优化的。在一个分布式的、半活性 [\[18\]](#) 的世界中，我们的所有目标只能被“满意化”，而且这种满意也只能保持很短的一瞬。也许一天之后整个形势就完全变化了，正所谓“乱哄哄，你方唱罢我登场”。

## 11.5 联通所有的一切

新兴网络经济的特点——执行纲要：

在我看来，不久的将来，经济中会有几种模式盛行起来。任何经济方案都需要一份执行纲要。当然，不会是我这份了。下面列出的是我认为的网络经济所具备的一些特征：

◎分布式核心——公司的边界变得模糊。任务，甚至是财务和制造这样的核心任务，都通过网络分包给合同商，他们再进一步分包出去。所有的公司，从只有一个人的到“财富500强”，变成了一个由所有权和地理位置都分散的工作中心所组成的社会。

◎适应性技术——如果不能达到“实时”要求，你就完蛋了。条形码、激光扫描仪、手机、700打头的号码 [\[19\]](#)、将数据直接上传到卫星的收银机、点评设备，还有配送货车，这一切都在操控着商品生产。生菜的价格，就如同机票的价格一样，在杂货店货架的液晶屏上闪烁变化着。

◎灵活制造——需求量更少的商品可以利用更小的机器在更短的周期内生产出来。曾几何时，照片冲洗要在全国有数的几个中心里花上若干个礼拜的时间，现在则可以在任何一个街角的小机器上完成，并且立等可取。模块化的设备，消失了的常规库存，以及计算机辅助设计，使得产品研发周期从几年缩短到几周。

◎批量化的定制——流水线上生产的都是个性化定制的产品。适用于你所在地区气候的汽车，按照你的习惯进行设定的录像机……所有产品都是按照个人特定需求生产的，但却是按照大批量生产的价格来销售。



◎工业生态学——闭合回路、无废料、零污染的制造业；可拆解回收的产品；向生物兼容技术的逐步过渡。对违背生物学准则的行为越来越无法容忍。

◎全球会计——即使是小公司也在某种意义上具有全球性。从地理上说不再存在那种未开发的、未知的经济“前沿”。而博弈之局也从那种“每一个胜利都意味着有人失败”的零和游戏变成了正和游戏。只有那些能够把系统堪称统一整体的玩家才能获得回报。结盟、伙伴关系、协作——哪怕是暂时的甚至是矛盾的，将成为行业根本和规范。

◎共同进化的消费者——公司培训和教育消费者，而消费者又反过来培训和教育公司。网络文化中，产品变成了可改进的连锁经营店，它随着消费者的不断使用而得到不断改进和进化。想想软件升级和注册的例子。公司成为共同进化的消费者的俱乐部或用户群。一家公司如果不能教育和培训消费者，也就无法从消费者那里学习。

◎以知识为基础——联网的数据会让所有工作都能更快、更好和更容易地完成。但是，数据是廉价的，且大量充斥在网络上，甚至令人不胜其烦。你的优势不再体现在“如何完成工作”中，而是在“做什么工作”中。数据可不能告诉你这个，但是知识可以。将知识运用到数据上才是无价之宝。

◎免费的带宽——接入是免费的，但是接入与不接入的选择则会非常昂贵。你可以在任意时刻给任意人发送任意东西；但是选择给谁发送、发送什么以及何时发送，或者选择在什么时候接收什么则变成了需要动脑子的事情。选择不接入什么成为关键。

◎收益递增——拥有者，得之。给与者、分享者，得之。先到者，得之。一个网络，其价值增长的速度要超过其用户增加的速度。在非网络经济中，一个公司如果增加了10%的客户，那么它的收入也许会增加10%。但是对于一个网络化的公司来说，譬如电话公司，增

加10%的客户可以为收入带来20%的增长，因为新、老客户之间的对话是按照指数增长的。

◎数字货币——日常使用的数字货币取代了成捆成沓的纸币。所有的账户都是实时更新的。

◎隐性经济——创造性的前沿和边缘区域得到扩展，不过，它们现在以一种不可见的方式联结到加密的网络中。分布式核心和电子货币是驱动这种隐性经济的力量。其负面结果是：不规范的经济活动四处萌芽。

在网络经济中，消费者会享有越来越快的速度和越来越多的选择，同时作为消费者，也承担起越来越多的责任。而供应商的所有功能将越来越分散化，他们与消费者之间的共生关系也会越来越紧密。在一个由无限信息构成的无序网络中找到合适的消费者，成为网络经济时代的新游戏。

在这个来临的时代里，最核心的行为就是把所有的东西都联结在一起。所有的东西，无论是大是小，都会多个层面上被接入到庞大的网络中。缺少了这些巨大的网络，就没有生命、没有智能、也没有进化；而有了这些网络，这些东西就都会存在，而且还会出现更多的东西。

我的朋友巴洛——至少是他那个没有实体的声音，早就把他的所有东西都给相互联结了。他生活和工作在一个真正的网络经济中。他给出的是信息——当然是免费的，而别人给他的是钱。他给出的越多，挣的也就越多。在给我的一封电子邮件里，他对这个正在兴起的网络发表了如下高论：

计算机这些小玩意儿本身远谈不上能带来什么技术狂热，它们倒是更能激起对炼金术的某种一知半解的遐想：用导线将群体意识

连接起来，创造出某种星球之脑。德日进 [20] 曾经在很多年前就描述过这种设想，不过，他要是看到我们用来实现这一设想的手段是如此乏味，他也会感到震惊。在我看来，通向他所说的那个“最终点”的梯子是由工程师而非神秘主义者制造出来的，这也许是个惬意的讽刺吧。

那些最大胆的科学家、技术人员、经济学家和哲学家们已经迈出了第一步——把所有的事物、所有的事件都联结到一张复杂的巨型网络之中。随着这张庞大的网络渗透到人造世界的各个角落，我们瞥到了一些端倪：从这些网络机器中冒出的东西活了起来、变得聪明起来、而且可以进化——我们看到了新生物文明。

我有一种感觉，从网络文化中还会涌现出一种全球意识。这种全球意识是计算机和自然的统一体——是电话、人脑还有更多东西的统一体。这是一种拥有巨大复杂性的东西，它是无定形的，掌握它的只有它自己那只看不见的手。我们人类将无从得知这种全球意识在想什么。这并不是因为我们不够聪明，而是因为意识本身就不允许其部分能够理解整体。全球意识的独特思想，以及其后的行为，将脱离我们的控制，并超出我们的理解能力。因此，网络经济所哺育的将是一种新的灵魂。

要理解由网络文化形成的全球意识，最主要的困难在于，它没有一个中心的“我”可以让我们去诉求。没有总部，没有首脑。这是最令人气恼和气馁的地方。过去，探险者们曾经寻找过圣杯、寻找过尼罗河的源头、寻找过约翰王的国度或者金字塔的秘密。未来，人们将会去寻找全球意识的“我在”，寻找其内在一致性的源头。很多灵魂会尽其所有来寻找它；关于全球意识的“我在”究竟藏匿何处，也会有许多种学说。不过和以往一样，这也将会是一个永远没有终点的探索。

---

[1] 感恩而死 (The Grateful Dead, 1964~1995)：美国著名摇滚乐队，作品风格属于乡村摇滚、民谣摇滚和迷幻音乐。代表作包括《In the Dark》、《Workingman's Dead》、《American Beauty》等，其中后两张专辑是乐队历史上销量最大的专辑。感恩而死乐队系统地把一种自由自在的音乐形式引入了摇滚乐，他们的音乐表明了他们在不断地发展自己的音乐理想。

[2] “死党” (Deadhead)：用来指“感恩而死”乐队的死忠乐迷，就如同今天国内的“花生”、“凉粉”一样。

[3] The WELL (Whole Earth 'Lectronic Link)：是最古老的虚拟社区之一，成立于1985年，至今仍在运作，大约有4000名成员。

[4] 赛博空间 (cyberspace)：这个概念来源于控制论，由信息论先驱维纳和科幻小说家吉布森发扬光大。它涵盖信息理论和计算机科学。在赛博空间中，人们借助全域的电磁网络接入，脱离实际地理位置，通过虚拟交互式体验实现全球通讯和控制。互联和移动网络的发展，正在把人类社会一步步引入赛博空间。黑客帝国”电影中的matrix就是一个赛博空间的极端形式，人类自从出生便被接入 (jack-in)，醉生梦死在这个虚拟空间内而不能自拔。

[5] 威廉·吉布森 (William Gibson, 1948.03.17~)：美国作家，主要写作科幻小说，现居住在加拿大。他被称作赛博朋克 (Cyberpunk) 运动之父。赛博朋克是科幻小说的一个子类。他的第一部也是最有影响的一部小说《神经漫游者》 (Neuromancer) 自1984年出版以来已在全球卖出了6500万册。赛博空间一词即来自于此书。

[6] 李维·施特劳斯 (Levi Strauss)：发明牛仔裤的人，创立了著名品牌李维斯 (Levi's)。1979年李维斯在美国国内总销售额达13.39亿美元，国外销售盈利超过20亿美元，雄居世界10大企业之列，他由此成为最富有的牛仔裤大王。

[7] Chiat/Day：1968年，Jay Chiat和Guy Day建立了Chiat/Day广告公司。Chiat/Day一直崇尚放荡不羁的创意，它因此赢得了许多客户，也失去了许多客户。1994年，试图降低运营成本、提供工作效率的Chiat/Day又出惊人之举，把原办公室改成仓库，让员工拎着笔记本、手机回家，实行虚拟办公！但事与愿违，虚拟办公导致了工作效率更低、大批员工离职。1995年，Chiat/Day被Omnicom收购，并与Omnicom1993年时收购的TBWA合并，形成现在的TBWA/Chiat/Day (李岱艾广告公司)。——摘自《业界纵览》

[8] 詹姆斯·布赖恩·奎恩 (James Brian Quinn)：达特茅斯大学艾莫斯-塔克商学院威廉姆和约瑟芬管理学教授，现已名誉退休。他是战略规划、技术变革管理、企业创新以及技术对服务部门的影响等领域的学术权威。

[9] Synertek，一家成立于1973年的半导体制造商，位于加州硅谷中心地带。后被电子与自动控制行业巨头霍尼韦尔 (Honeywell) 收购。1985年停止运营并被出售。

[10] 奎茂 (Qume)：一家由华人李信麟创立的硅谷公司。专营计算机外设生产，曾在打印机市场上独占鳌头。

[11] 麦金纳顾问公司（Regis Mckenna）：创立于1970年，以其创始人名字而命名，是硅谷最负盛名的市场营销公司，参与了苹果、美国在线、康柏、Intel、微软等公司创立期的推广工作。

[12] 青蛙设计公司（Frogdesign）：老牌创意公司，于1969年创立于德国。

[13] EDS：美国电子数据系统公司（Electronic Data System），曾是全球最大的电子信息解决方案提供商之一，于2008年被惠普以139亿美金收购。

[14] 自在（self-being）与自为（self-making）：19世纪德国古典哲学家黑格尔的专门术语，用以表述绝对理念发展的不同阶段。自在反映为客观存在；自为则反映为主观映像和对自在的统一。抛开哲学概念的话，简单地说，自为可以理解为自己做主、自我管理。

[15] 戴维·帕那斯（David Parnas）：世界著名的软件工程专家，现任加拿大皇家学院院士。爱尔兰利默瑞克大学计算机科学与信息系统系软件质量实验室主任，教授。

[16] Poka-Yoke，日文中意指“失败也安全”或“错不怕”。丰田汽车在其生产系统中首先采用了这种防错体系。

[17] 赫伯特·西蒙（Herbert Simon，1916.06～2001.02）：美国政治学家、经济学家和心理学家，研究领域涉及认知心理学、计算机科学、公共管理、经济学、管理学和科学哲学多个方向。西蒙不仅仅是一个通才、天才，而且是一个富有创新精神的思想者。他是现代一些重要学术领域的创建人之一，如人工智能、信息处理、组织行为学、复杂系统等。他创造了术语有限理性（Bounded rationality）和满意度（satisficing），也是第一个分析复杂性架构（architecture of complexity）的人。西蒙的天才和影响使他获得了很多荣誉，如1975年的图灵奖、1978年的诺贝尔经济学奖、1986年的美国国家科学奖章和1993年美国心理协会的终身成就奖。

[18] 半活性（semiliving）：原是用来描述介于有活力和无活力之间的客体属性。这里可以理解为凯文·凯利一贯主张的“人造”和“天生”的混合特性。

[19] 700打头的号码：欧美一些国家电信运营商提供的智能一号通服务。一个用户拥有一个以700开头的号码，被叫时可以自动转接到用户的任何通讯终端上，包括固定电话、手机、传真机，乃至语音信箱。国内也曾尝试此类服务。但从目前情况看，不论是欧美市场还是国内市场，运营状况都不是很理想。

[20] 德日进（Teilhard de Chardin）：法国哲学家、神学家、古生物学家和地质学家。他在1923年至1946年间曾先后8次来到中国，在中国共生活了20多年，是“北京猿人”的发现者之一。德日进是他的中文名。

## 第十二章 电子货币

### 12.1 密码无政府状态：加密永胜

在蒂姆·梅的眼中，一盘数字带作为武器的威力和破坏力，如同肩扛式毒刺导弹。梅四十几岁，胡子整洁漂亮，是一名前物理学家。他手里拿着一盘售价9.95美元的数字录音磁带（DAT）。这种卡带也就比普通的卡带稍微厚一点，内装与传统数字唱片保真度相当的一盘莫扎特音乐。DAT也能用来存储文本，就像存储音乐一样容易。如果数据压缩得好，在凯玛特<sup>[1]</sup>买的一盘DAT可以以数字形式存储大概一万本书。

一盘DAT还可以把一个小一点的信息库完全隐藏在音乐当中。这些数据不仅能够非常安全地被加密在数字带中，而且，甚至连强大的计算机都察觉不到这段数据的存在。采用梅所提议的方式，在一盘普通的迈克尔·杰克逊《颤栗者》数字带中可以藏下一个电脑硬盘中所有数据的编码信息。

隐藏方法如下：DAT是以16位的二进制数字来存储音乐的，但是，这个精度已经超过了人类感知的精度。所以，可以把所有音乐数据的第16位替换为很长的一段信息——比如一本图册，一堆电子表格（加密格式）。而不管是谁播放这盘数字带，听到的就还是迈克尔·杰克逊的浅吟低唱，其数字音效跟购买的《颤栗者》数字带没有任何差别。只有在计算机上逐位匹配一盘没做过手脚的数字带和这盘加密的数字带时才能发现其差异。即使这样，因为差别看起来是随机的，人



们会认为是在用模拟CD播放器复制数字带时（通常就是这么做）产生的噪音。最终，只有将这个“噪音”解密（这不太可能），才能证明它其实并非噪音。

“这意味着，”梅说，“要阻止信息的越界流动是一件毫无希望的事情。因为任何随身携带从店里买来的音乐卡带的人，都可能随身携带隐形轰炸机的电脑文档，而且，我们完完全全察觉不到。”这盘带子里面是迪斯科音乐，另一盘带子里则是迪斯科和关键技术的核心蓝图。

音乐不是隐藏数据的唯一途径。“我也用过照片，”梅说：“我从网上找了一幅数字照片，把它下载到Adobe Photoshop里，然后把一份加了密的消息分插到每个像素的最低位。当我重新把这幅图贴到网上的时候，基本上跟原图完全一样。”

另一件让梅着迷的事是匿名交易。如果我们获得军方研发的加密算法，然后把它们移植到互联网的广阔天地中，那么我们就能建立起一套非常强大、牢不可破的匿名交易技术。两个陌生人可以彼此索要或提供信息，用钱完成交易，不会有被跟踪的可能。这是目前电话和邮局也无法安全做到的事。

关注此事的不只是间谍和有组织的犯罪分子。有效的认证和验证方法，比如智能卡、防篡改网络和微型加密芯片，使加密的成本下降到消费者能够承受的水平。现在每个人都能支付起加密技术。

蒂姆认为，这一切产生的结果就是企业当前形式的终结，以及更加精密的逃税黑市的兴起。蒂姆管这种运动叫作“密码无政府状态”。“我必须告诉你，我认为两股力量之间即将有一场战争，”蒂姆向我透露，“一股力量想要全面公开化，结束所有的秘密交易——这一方是政府，想要追缉吸大麻者和控制有争议的网上论坛。而另一股力量想要的却是隐私权和公民自由。在这场战争中，加密肯定是赢家。除非政府能够成功禁止加密，而这是不可能的，加密永胜。”

几年前，梅曾经写过一个宣言，让世界警惕广泛加密的到来。在这份公布在网上的电子书中，他警告说，即将出现一种“密码无政府状态的幽灵”：

……国家当然会试图减慢或者终止这种技术的传播，他们会说这是出于国家安全方面的考虑，又或者毒贩和逃税者会使用这种技术，以及人们会担心社会解体。这些考虑有很多都是有根据的；密码无政府状态会使国家机密或非法所得材料的自由交易成为可能。匿名的网络市场中甚至可能存在无耻的暗杀和勒索交易。各种罪犯和海外势力都会是密码网络的积极使用者。但是，这并不能中断密码无政府状态的扩散。

正如印刷术削弱了中世纪行会的权力，改变了社会权力结构，密码术会从根本上改变企业的本质和政府干涉经济交易的本质。密码无政府状态和正在兴起的信息市场联合在一起，会为所有能放到文字和图片中的材料创造一个流动市场。不仅如此，就像带刺铁丝网这种看起来完全不起眼的发明却能把广阔的牧场和农场与外部隔离，从而永远改变了西部拓荒中的土地和财产权的概念一样，某个数学神秘分支中产生的这个看起来并不起眼的发现，必将成为拆除知识产权周围的带刺铁丝网的断线钳。

……

签名：

蒂姆·C.梅，密码无政府状态：加密，数字货币，匿名网络，数字假名，零知识，信誉，信息市场，黑市，政府倒台

我曾经向蒂姆·梅这位英特尔公司退休的物理学家请教加密和现存社会瓦解间的联系。梅解释说：“中世纪的行会垄断着信息。比如，有个人想要在行会之外做皮货或者银器，国王的人就会闯进来把它们打烂，因为行会是向国王交了税的。打破这种垄断的是印刷术；因为人们可以发表如何制革的论文。在印刷时代，产生了企业，以垄断某些

专门技术，比如枪械的制作，或者炼钢。现在，加密会消除当前企业对专门技术以及专有知识的垄断。企业无法对这些东西保密了，因为在互联网上卖信息实在是太容易了。”

按照梅的说法，密码的无政府状态之所以还没有爆发，是因为现在加密的关键技术垄断在军方手里——就像教会曾经试图垄断印刷术一样。几乎毫无例外，加密技术都是为了军事目的由军方研发的。说军方对这种技术守口如瓶是一点也不为过。美国国家安全局的使命就是研发密码系统。不像其他军工联盟会产生民用的副产品技术，国家安全局研发的技术几乎没有转为民用的。

不过，到底谁需要加密技术呢？也许，只有那些有东西要藏的人才需要：间谍、罪犯、还有不满分子。而这些人对于加密术的需求，就该理直气壮地、有效地、毫不留情地加以阻拦。

但是情况在20年前发生了变化。当信息时代来临，情报成为企业最主要的财富时，它就不再是中央情报局的专利，而是首席执行官们研讨的主题。所谓“谍报”，意味着刺探商业机密。非法传递企业的专门知识和技能成为国家不得不关注的问题。

不仅如此，在最近的十年中，计算机变得既快又便宜；加密不再需要超级计算机，也不再需要运转这些大机器所需的超级预算了。随便一台普通品牌的二手个人电脑就能应付专业加密方法所需进行的巨量计算。对于那些所有业务都在个人电脑上进行的小公司来说，加密就是他们最需要的硬盘工具。

在过去几年中，上千个电子网络已经蓬勃发展成为一个高度去中心化的网络之网。所谓网络，就是一个以分布式方式存在的东西，没有控制中心，也几乎没有清晰的边界。没有边界，如何保护？人们发现，某些特定类型的加密正是让去中心化系统在保持其灵活性的同时又不失安全性的理想方法。事实上，如果网络的大部分成员都使用点

对点 [2] 加密术的话，这个网络就可以容得下各种垃圾，而不用弄一个坚固的安全墙努力把麻烦都挡在墙外。

突然之间，加密对那些除了隐私之外似乎没什么好隐藏的普通人来说竟然变得有用之极。根植于网络中的点对点加密，同电子支付联姻，与日常的商业交易紧紧捆绑在一起，成为了像传真机和信用卡一样的工具。

也是在突然之间，那些用自己的纳税钱资助了军方研发加密技术的公民们想要收回对这项技术的所有权了。

可是，政府（至少是美国政府）会以若干不合时宜的理由而拒绝将该技术还给人民。所以在1992年夏天，一个由富有创意的数学黑客、公民自由主义者、自由市场的鼓吹者、天才程序员、改旗易帜的密码学家以及其他各种前卫人士组成的松散联盟开始创造、拼凑甚或是盗用加密技术，并将其植入网络之中。他们管自己叫“密码朋克”。

1992年秋天的几个周六，我参加了蒂姆·梅还有其他大概15个“密码反叛者”在加州帕洛阿尔托举行的“密码朋克”月度会议。会议在一座毫不起眼的、挤满了小型高科技创业公司的办公楼里举行。这种办公楼在硅谷到处都是。会议室内铺着一体的灰色地毯，还有一个会议桌。黄发披肩的会议主持人埃里克·休斯试图平息大声嘈杂的、固执己见的声音。他抓起笔在白板上潦草地写下了会议日程。他所写的与蒂姆·梅的数字签名遥相呼应：信誉，PGP加密 [3]，匿名邮件中继服务器 [4] 的更新，还有迪菲-海尔曼关于密钥交换的论文。

闲谈了一阵之后，这群人开始干正事了。上课时间到了。成员迪安·特里布尔站到前面做对数字信誉研究的报告。如果你要跟某人做生意，可你仅仅知道他/她的电子邮件名称，你怎么能肯定它们是合法的？特里布尔的建议是你可以从某种“信托代管”那里购买信誉——这

是一种公司，类似于资格或证券公司，可以为某人提供担保，并为此收取费用。他阐释了博弈论中有关循环式谈判游戏——譬如囚徒困境——的结论，以及由此得到的启发：当游戏参与者不是只进行一次博弈，而是在同一局面下反复博弈时，收益会有所变化；在反复博弈所形成的关系中，信誉至关重要。大家讨论了在线买卖信誉可能出现的问题，并对新的研究方向提出了建议。然后，特里布尔坐下，另一个成员站起来做简短发言。讨论以这种方式顺序进行。

身穿黑色皮衣且上面钉有各种饰钉的亚瑟·亚伯拉罕回顾了最近一些关于加密技术的论文。亚伯拉罕在投影仪上演示一叠画着各种方程的幻灯片，带着大家把数学证明过了一遍。很明显，数学内容对于大多数人来说并不轻松。坐在桌子周围的，是程序员（许多都是自学出来的）、工程师、咨询顾问——全都是非常聪明的人，但只有一个人有数学背景。“你说的是什么意思？”就在亚伯拉罕讲话的时候，一个安静的成员提问到。“哦，我明白了，你忘了系数了，”另一个家伙回应道，“到底是 $a$ 对 $x$ 的，还是 $a$ 对 $y$ 的？”这些业余密码学钻研者们质疑着每一个论断，要求讲述者给予澄清，反复地琢磨，直到每个人都搞清楚。黑客的头脑、程序员那种要把事情干得最漂亮、找到最短路径的冲动，冲击着论文的学院做派。指着一个方程的一大片算式，迪安问到，“为什么不直接把这些都扔掉？”。这时后面传过来一个声音：“问的好。我想我知道为什么。”接着这人解释起来，迪安则边听边点头。此时亚瑟环顾四周，看看是不是每个人都听懂了。然后他接着讲下一行；而那些听懂了的则给那些还没明白的人解释。很快屋子里到处是这样的声音：“哦，这就是说你可以在网络设置上提供这种功能！嘿，强！”就这样，又一个分布式计算的工具诞生了；又一个组件从军事机密的遮蔽下传送到了互联网这个开放的网络；网络文化的基座上又添上了一块砖。

小组是通过密码朋克邮件列表这个虚拟网络空间来推广他们的努力的。来自世界各地、越来越多的热衷于加密技术的人每天通过互联

网上的“邮件列表”互动，为了以低成本来实现他们的想法（比如数字签名），他们就在这个虚拟的空间发送那些还在编写中的代码，或是讨论他们所做事情的政​​治和伦理含义。有个无名的小团体还发起了一个叫作信息解放阵线的活动。他们在价格昂贵（而且还特别难找）的期刊上搜寻有关密码技术的学术论文，把它们用计算机扫描下来，然后再匿名贴到网上，通过这种方法把它们从版权限制中“解放”出来。

在网上匿名发贴颇为困难：互联网从本质上来说是要准确无误地追踪一切，然后不加区别地复制下来。理论上讲，通过监控传输节点从而追溯消息来源是件轻而易举的事情。在这样一个从根本​​上讲一切皆知的大环境下，密码反叛者们渴求的是真正的匿名。

我曾经向蒂姆坦白我对匿名的潜在市场的担忧：“匿名对赎金、恐吓、绑架、贿赂、勒索、内部交易、恐怖主义来说恐怕是再好不过了。”“那么，”蒂姆说，“出售诸如种植大麻、自助堕胎、人体冷冻等不那么合法的信息又如何？举报者、忏悔者以及约会的人所需要的匿名又怎么办？”

密码反叛者认为，数字匿名是必需的，因为匿名性是和合法身份同样重要的公民工具。邮局提供了一种不错的匿名：你不需要写上回信地址，即使你写了，邮局也不会去核实。大体上讲，（不带来电显示的）电话和电报也是匿名的。最高法院赞成，人人拥有散发匿名传单和小册子的权利。在那些每天花好几个小时进行网络交流的人中，匿名掀起了热潮。苹果电脑的程序员泰德·开勒认为，“我们的社会正陷入隐私权危机中。”在他看来，加密是在像邮局那样的全美机构上的扩展：“我们一直都看重邮件的隐私权。而现在，有史以来第一次我们不必只是信任它，我们可以加强它。”身为“电子前沿基金会”的董事，约翰·吉尔摩是个密码怪人，他说，“很明显，在基本的通讯介质中，匿名是有着社会性需求的。”



一个美好的社会所需要的不只是匿名。在线文明要求在线匿名、在线身份、在线身份验证、在线信誉、在线信托、在线签名、在线隐私以及在线的访问。所有这些对于一个开放的社会来说都是必不可少的。而密码朋克计划，就是要开发一些工具，为现实社会中的人际关系提供数字对等物；他们还要免费分发这些工具。等到这些都达成的时候，密码朋克希望他们已经顺理成章地发放了免费签名以及在线匿名的机会。

为了创造数字匿名，密码朋克已经研发出大约15个匿名邮件中继系统的原型版本，如果执行得力，该系统就可以达到这样的效果：即使在严密的通讯线路监控下，也无法确定电子邮件到底来自何处。这种邮件中继系统，现在达到的是这样一个阶段：当你使用这个系统给艾利斯发邮件，她收到时，发件人显示“无人”。搞清楚这封信到底来自哪里对于任何一台能够监控整个网络的计算机来说都微不足道，但没谁可以搞得到这样的计算机。不过，要想达到数学上的不可追踪，就至少有两台邮件中继系统来充当两个中继器（越多越好）——其中的一个把消息发到下一个系统，发送时消除消息的来源信息。

埃里克·休斯则看到了数字伪匿名（一些人知道你的身份，但其他人不知道）的应用。“你可以通过伪匿名来团购某些信息，从而成数量级地降低实际成本——直到几乎免费。”事实上，数字合作社可以形成私人在线图书馆，可以团购数字电影、音乐专辑、软件以及昂贵的信息简报，大家都能通过网络相互“借”阅这些东西。卖主绝对没有办法知道他到底是卖给了1个人还是500个人。在休斯看来，这些安排为富含信息的社会增添了佐料，也“扩展了穷人的生存空间”。

“有一件事情是肯定的，”蒂姆说道，“长远上，这东西会破坏税收。”我冒昧地提出了一些不成熟的看法，认为这可能正是政府为什么不把这种技术交还到百姓手里的一个原因。我还猜想：可能会有一场与数字化国税局之间逐步升级的军备竞赛。对数字化地下所发明的每

一种隐藏交易记录的方法，数字化国税局都会用一种新的监控手段与之对抗。蒂姆对我的想法嗤之以鼻：“毫无疑问，这种东西是牢不可破的。加密永胜。”

这很恐怖。因为大行其道的加密技术会使对经济活动进行中央控制的任何冀望都化为乌有，而经济活动则是驱动社会前进的一种力量。加密技术加剧了失控状态。

## 12.2 传真机效应和收益递增定律

加密之所以永远是赢家，是因为它符合互联网的逻辑。给定一个加密公钥，只要时间足够长，都能用超级计算机破解。那些不想让自己的代码被破解的人试图通过增加密钥的长度来应对超级计算机（密钥越长，破解起来越困难），但代价却是让防护系统变得既笨拙又迟钝。更何况，只要有足够的金钱和时间，任何密码都可以破解。就像埃里克·休斯经常提醒他那些密码朋克伙伴的：“加密技术是经济学。加密始终是可能的，就是很贵。”为了破解一个120位的密钥，阿迪·沙米尔在业余时间用Sun工作站的分布式网络工作了一年。一个人确实可以用一个非常长的密码——长到没有一台超级计算机能在可见的未来把它破解开。但是这么长的密钥，在日常生活中用起来是非常不方便。今天，美国国家安全局特制的、占据了一整幢楼的超级计算机可能要用一天时间来破解一个140位的密码。天哪，这可是这个庞然大物整整一天的时间啊，就为这么一个破密码！

密码朋克打算通过“传真机效应”达成能够与中央化计算机资源相抗衡的能力。如果只有你有传真机，那它就是废物。但是，这个世界上每多一台传真机，每个人手里的传真机就越有价值。这就是网络的逻辑，也叫作“收益递增定律”。这个定律和那些传统的基于均衡交易的经济理论截然相反。按照那些理论，你是不能无中生有的。但是

事实上，你可以做到这一点。（直到最近，才有几位超前的经济学教授在做把这个概念理论化的工作。）而黑客们、密码朋克们以及很多高科技企业家其实已经知道了这一点。在网络经济中，多能带来更多。这就是为什么给予会如此频繁地成为一种有效手段，以及这些密码朋克们为什么心甘情愿地把他们开发的工具免费传播出去的道理。这种行为，跟善心没有什么关系，它其实来源于一种清晰的直觉：网络经济奖励那些“较多者”，而不是那些“较少者”——你可以通过免费传播这些工具而从一开始就为这个“较多者”播撒下种子。（这些密码朋克们也想把这种互联网经济学用到加密的反面，也就是密码破解。他们可以组建一台大众超级计算机，也就是把上百万台苹果电脑联结在一起，每台都运行超大的分布式解密程序中的一小部分。从理论上说，这种去中心化的并行计算机，其加总的结果会是我们所能想象到的最强大的计算机——远比国家安全局的中央化的计算机要强大。）

这种蚂蚁啃大象的想法，激发了这些密码反叛者的想象力，他们中有一位弄出了一个免费软件，实现一个得到高度认可的公钥加密方案。这个软件的名字叫作PGP，也就是Prey Good Privacy（蛮不错的私密性）的首字母缩写。这个软件已经在网上免费流传，也可以通过磁盘获得。在互联网的某些地方，看到用PGP加密过的消息已经习以为常，而这些信息也往往附带有发送者的公钥可以“通过索要获得”的说明。

PGP并不是唯一的免费加密软件。在互联网上，密码朋克们也可以用RIPEM，这是一个用来加强邮件隐私保护的应用程序。无论是这款软件还是PGP都是基于RSA开发的，RSA是一组加密算法，已取得了专利。不过，RIPEM是RSA公司自己公开发行的软件，而PGP却是一个叫作菲利普·齐默曼的密码反叛者自己鼓捣出来的。因为PGP使用了RSA的专利数学知识，它实际上是一款非法软件。

RSA是在麻省理工学院开发出来的。部分使用了联邦基金，不过后来授权给了那些发明这个软件的学术研究人员。这些研究人员在申请专利之前就把他们的加密方法发表了出来，因为他们担心国家安全局会锁住这些专利，甚至阻止该算法的民用。在美国，发明者在公布一项发明之后还有一年的时间可以申请专利。但是在其他国家或地区，专利申请必须在公开发表之前进行。因此，RSA只能获得美国的专利权。换句话说，PGP使用RSA的专利数学在海外是合法的。不过，PGP通常都是在互联网这种谁的地盘都不是的地方传播的，（哪个国家的司法权力能在网络上普遍有效？）而在这个空间中，知识产权还是有点晦暗的，而且接近某种密码无政府状态的初始状态。PGP处理这个棘手的法律问题的方法就是告知美国用户，他们有责任从RSA那里得到使用PGP基本算法的许可。（当然啦，这样做就对了。）

齐默曼声称，他之所以在世界范围内发布这个准合法的PGP软件，是因为他担心政府会收回所有的公钥加密技术，包括RSA的。而RSA无法阻止PGP现有版本的流传，因为互联网就是这样：一旦把某个东西传上去，就再也收不回来了。很难说RSA有多大损失。无论是非法的PGP还是官方许可的RIPEM，都使互联网产生传真机效应。PGP鼓励用户使用加密技术——使用的人越多，对参与其中的每个人就越有利。PGP是免费的，和绝大多数免费软件一样，使用者们迟早都会变成愿意付费的用户。到现在为止，只有RSA提供许可。从经济上来讲，对于一个专利拥有者来说，这是一个再美妙不过的场景了：你什么都不用做（因为盗版和传播都有别人代劳了）就有上百万人使用你的专利，讨论学习产品的奥妙和优点，然后等到他们想要用最好的产品的时候，就来排队买你的东西。

传真机效应，免费软件的升级规则，还有分布式智能的力量，都是正在兴起的网络经济的一部分。而网络经济中的政治肯定需要密码朋克所要弄的这种工具。格伦·特尼，年度黑客大会的主席，去年在加

利福尼亚竞选公职的时候就是利用计算机网络来打选战的，从而对这种工具如何影响政治有了实在的了解。他注意到，电子民主需要能够建立信任的数字工具。他在网上是这样写的：“想象一下，如果一个参议员回复一封电子邮件，结果这封信被什么人改动了之后直接发送给了《纽约时报》会怎么样？认证、数字签名等等东西对于保护各方来说，都是不可缺少的。”而加密技术和数字签名正是一种把信任动力学扩展到新领域的技术。菲利普·齐默曼说，加密技术培育了“信任之网”，而这样的网络，正是任何社会或者人类网络的核心。密码朋克对加密技术的执迷可以总结成：蛮不错的私密性就意味着蛮不错的社会。

由密码和数字技术推动，网络经济学改变了我们所谓的“蛮不错的私密性”。网络把隐私从道德领域转移到了市场领域——隐私成了一种商品。

电话号码簿之所以有价值，是因为找某个特定的电话号码省事了。电话刚出现的时候，把某个电话号码列在号码簿里对编制者和所有电话用户都是有价值的。但今天，在电话号码唾手可得的世界上，一个没有列在号码簿的号码对于不想被列出的用户（要付更多的钱）和电话公司（可以收到更多的钱）来说却更有价值。隐私现在是一种定价销售的商品。

大部分隐私交易很快就会发生在市场而不是政府的办公室里。因为在一个分布式的、组织松散的网络中，中央集权的政府失灵了，不再能保证事物之间的联结或者隔离。成百上千的隐私卖主会按照市场率来销售隐私。你出售名字时，雇“小兄弟公司”替你从垃圾邮件或者直销商那里争取到最多的报酬，同时帮你监控这些信息在互联网上的使用情况。而“小兄弟公司”则会代表你和其他隐私卖主就雇佣服务进行谈判，比如个人加密装置、绝对不会公开的号码、黑名单过滤器（屏蔽来自不友好人士的信息）、陌生ID筛选机（比如来电显示，可

以让你只接某些号码），以及雇佣机械代理（叫作网络知识机器人）来追踪各种地址，同时还雇用“反-网络知识机器人”消除你自己在网络上活动的痕迹。

隐私是与普通信息极性相反的信息，我把它想象成“反信息”。在系统内移除一点信息，就可以看作是这个系统重新生产了相应的反信息。在这样一个信息之水滔滔不绝无限复制以至于要涨爆互联网的世界里，一点点信息的消失或者蒸发就变得非常有价值——如果能永远消失，就更有价值了。在所有的东西都相互联结在一起的世界，联结、信息还有知识都非常便宜，贵重的反而是那些隔离、反信息和零知识。等到带宽免费，随时随地都在进行十亿字节的信息交换的时候，不想通讯反到成了最困难的烦事。加密系统及其同类都是隔离的技术。它们在某种程度上令网络那种无差别的联结和发送信息的固有倾向得到抑制。

## 12.3 超级传播

我们日常使用的水电都是按使用量收费的。但计量本身并非一件显而易见和轻而易举的事情。托马斯·爱迪生发明的那些令人惊叹不已的电器也要等到工厂和家庭都通电了才能派上用场。因此，爱迪生在事业的顶峰时期将注意力从电子器件设计转向了电力传输网络。一开始的时候，很多问题都没有答案，像是如何发电（交流还是直流？），如何输电，以及如何收费，等等。在收费上，爱迪生倾向于采用固定费用方式。这也是现在绝大多数信息提供商喜欢的方法。比如，不管读多少，读者都为一份报纸付同样的价钱。有线电视、书或者计算机软件都是如此。所有这些都按你能用到的全部内容收取固定费用。

于是，爱迪生在用电上推行固定费用——只要你通了电，就要交一笔固定费用，否则一分钱也不用交。在他看来，统计不同用电量的成本要高于用电量的不同所带来的成本。不过，最大的障碍还是在于如何计量用电量。他在纽约的通用电气照明公司在运行的头六个月中向用户收取的就是固定费用。但是，让爱迪生懊恼的是，这种办法在经济上行不通。迫不得已，爱迪生想出了一个权宜之计。他的补救措施就是电表。但是他的电表既不稳定，也不实用。冬天会冻住，有时候还会往回走，用户不会读表（又不相信公司派来的读表员）。直到市政电网投入使用十年后，才由另一位发明家搞出了一种可靠的电度表。今天，除了这种方式，我们几乎不会考虑其他的买电方式了。

一百年后，信息产业仍然缺少信息计量表。乔治·吉尔德，一位高科技的呛声者，这么表述这个问题：“你不想每次渴的时候都必须为整个水库付钱，而是希望只为眼前这一杯水付钱。”

确实，既然你要的就只是一杯水（部分信息），为什么要为整个海洋（所有信息）付钱呢？要是你有一个信息计量表，就完全没理由这么做。创业家彼得·斯普拉格认为他正好发明了这么一个东西。“我们可以用加密技术来强制信息计量，”他说。这个“信息龙头”实际上是一个微型芯片，可以从一大堆加密数据中少量发放一点信息。斯普拉格发明了一个加密设备，对于装有十万页法律文档的只读型光盘，不用整张卖2000美元，而是按每页1美元的价格收费。这样一来，用户就只要为她使用的部分付账，而且也只能使用她付过账的那部分。

斯普拉格的办法是让每一页文档必须在解密后才能阅读。用户可以从目录中选择浏览的信息范围。她花很少的钱就可以读摘要或者综述。然后她选择想要的全文，由“分发器”解密。每解密一次就收一小笔钱（也许50美分）。费用由分发器里面的计量芯片记录，并从她的预付款里扣除（这个预付款也是存在计量芯片里的），就好像使用邮资咪表分发邮政资费条并自动扣钱一样。当存款用完后，她可以给服



务中心打电话，服务中心发送一条加密信息，通过调制解调器传送到她的计算机的计量芯片中，从而给她的帐户充值。分发器上现在有300美元，这300美元在购买信息的时候，可以按页算，按段落算，或者按一条条的股票价格算，这要看信息卖主把信息切分到什么样的精细程度了。

信息极其容易复制，而信息拥有者希望能够将信息有选择地断开。斯普拉格的加密计量设备所做的，就是令这二者不相冲突。通过分块计量信息，这个设备可以让信息自由流动，而且无处不在——就好像城市水管装置中的水一样。计量让信息成为水电一样的公共供给。

密码朋克们指出，这种做法并不能阻止黑客免费截取信息。用来为卫星电视节目收费的视频加密系统在投入运行之后的几个星期之内就被破解了。尽管制造商声称这个加密-计量芯片是无法破解的，但那些发大财的破解产业利用了加密代码周边的漏洞（这些破解产业建立在印第安保留地里面，这事就说来话长了）。盗版者会先找到一个有效注册的解码器盒子——比如说，在酒店房间里——然后把这个解码器上的ID克隆到别的芯片上。客户可以把他的解码器寄到保留地“维修”，新的解码器寄回来的时候就克隆了酒店解码器盒子上的ID。电视节目所采用的广播方式是无法察觉那些克隆出来的观众的。简而言之，黑掉这个方法不是解密，而是在密码与其附属的设备之间做了手脚。

没有不可破解的系统。但是破解一个加密系统需要技能和精力。信息计量表虽然拦不住贼偷或者黑客，却可以消除那些坐享其成以及人类天生的分享欲望的影响。视频加密卫星电视系统消除了大规模的用户盗版行为——这种盗版行为在有加密之前令卫星电视大为困扰，现在也仍然折磨着软件和复印这两个领域。加密技术将盗版行为变成

一件繁琐的事，不像以前那样随便一个傻子拿张空盘就能干。卫星加密技术总体来说是有效的，因为加密永胜。

彼得·斯普拉格的密码-计量表允许艾丽丝想复制多少加密的光盘都可以，反正她只需为她要使用的内容付费。从根本上来说，密码-计量表把付费过程和复制过程分离了。

用加密技术强制实施信息计量的办法之所以有效，是因为它并不限制信息的复制欲望。如果其他条件不变，那么一小段信息会在可用的网络中复制，直到充满整个网络。在活力的驱动下，每个事实都自然会尽可能多地扩散。事实越是能“适应”——越有趣或者越有用，传播得就越广。观念或弥母（即文化基因）在人群中的传播与基因在种群中的传播非常相似。基因和“文化基因”都依赖于一个由复制机器组成的网络——细胞、大脑或者电脑终端。这样的网络由一堆灵活地连接在一起的节点组成，每个节点都可以复制（或者完全相同或者有所变化）从另一个节点传来的信息。蝴蝶种群和一批电子邮件信息有相同的诉求：要么复制，要么消亡。信息要的就是被复制。

我们的数字社会建造了一个由无数的个人传真机、图书馆影印机和电脑硬盘组成的超级拷贝网络；我们的信息社会也仿佛是一个巨大的聚合形态的复印机。但我们却不让这个超级机器去复制。令所有人感到惊奇的是，在一个角落产生的信息，可以很快地传播到其他角落。我们之前的经济体系是建立在物品的稀缺性上的，所以我们迄今为止都在通过控制每一个复制活动来对抗信息天生的扩散性。我们拥有一个巨大的并行复制机，却试图扼杀绝大多数复制行为。和其他清教徒政体下的情形相同，这行不通。信息要的就是被复制。

“让信息自由流动！”蒂姆·梅大声喊道。不过，这个“自由”，已经不是斯图尔特·布兰德那句经常被引用的格言“信息要免费”中的意思，而变成了某种更为微妙的含义：没有枷锁和束缚。信息想要的是自由

地流动和复制。在一个由去中心化的节点组成的网络世界中，成功属于那些顺应信息复制和流动主张的人。

斯普拉格的加密计量表利用了付费和复制的区别。“计算一个软件被调用的次数很容易，但是要统计它被复制过多少次就难了。”说这话的是软件架构师布莱德·考克斯。他在一段发到网上的话中写道：

软件不同于有形物体的地方是从根本上无法监控其复制，但是却能监控其使用。那么，为什么不围绕着信息时代的物品和制造业时代的物品之间的差别来建设信息时代的市场经济呢？如果收费机制是以监控计算机里面软件的使用为基础的话，那么卖主们就可以完全省去版权保护了。

考克斯是一个软件开发人员，他的专长就是面向对象编程。而面向对象编程除了前面提到过的可以减少漏洞这一优点之外，与传统的软件相比还有另外两个重大改进。首先，面向对象编程提供给用户一种更灵活的、不同任务之间有更多协作的应用，这就好像是房子里面的家具都是活的，而不是固定的。其次，面向对象编程可以让开发人员重用软件模块，无论模块是他自己写的，还是从别人那里买来的。要建一个数据库，像考克斯这样的面向对象设计师就会用到排序算法、字段管理、表格生成以及图标处理等，然后把它们组装到一起，而不是完全重写。考克斯编写了一套非常酷的对象，把它卖给了斯蒂夫·乔布斯，用在NeXT机 [\[5\]](#) 上，但是，作为固定业务，销售代码模块太慢了。这就好像是沿街叫卖打油诗一样。要想收回编写代码的成本，如果直接卖代码的话就找不到几个买主，如果卖拷贝的话又太难监控。但如果用户每激活一次代码就能产生收入的话，代码的作者就可以靠写代码谋生了。

在探讨对象们“按使用”销售的市场可能性的同时，考克斯发现了网络化的信息的自然本质：让拷贝流动起来，然后按照每一次使用收

费。他说：“前提就是，复制保护对于像软件这种无形的、容易复制的商品来说是完全错误的想法。因为你所想要达到的目标，就是要让信息时代的物品不管通过什么渠道都能自由地分发、自由地获取。鼓励人们积极地从网络上下载软件，拷给朋友们，或者用垃圾邮件发给根本不认识的人。从卫星上传播我的软件吧！拜托！”

考克斯还补充说（这是对彼得·斯普拉格的回应，但出人意料的，两人并不熟悉对方的工作）：“之所以可以如此慷慨大度，是因为这样的软件实际上是一种‘计量件’，它上面仿佛系了线，可以让销售回款和软件分发独立进行。”

“这个办法就称为超级分发，”考克斯说，他用了日本研究人员称呼类似方法的一个词。他们设计那个方法用来追踪软件在网络中的流动。他接着说，“就象超导体，超级分发能让信息自由流动，不再受复制保护或者盗版的阻碍。”

由音乐和广播业界设计出来的这个模型成功地平衡了版权和使用权。音乐人不仅可以把作品按“拷贝”卖钱，还可以卖给电台按每次“使用”收钱。免费的音乐拷贝，从音乐人的经纪人手里以不受监控的洪水之势流到电台。而电台则从中选择，只为他们播放的音乐支付版税，对播放情况进行统计的则是代表音乐人的两个机构“美国作曲家、作家与出版商协会”（ASCAP）和广播音乐公司（BMI）。

日本的计算机制造商联合会日本电子工业发展协会（JEIDA）开发了一种芯片和协议，它们可以让网上的每一台苹果电脑自由且免费地复制软件，同时计量出使用权利。按照协会负责人森亮一的说法：“每台电脑都可看成一个广播电台，广播的不是软件本身，而是对软件的使用，‘听众’则只有一个。”在上千个可自由获得的软件中，苹果电脑每“运行”一次某个软件或者软件片段，就激发一次版税。商业电台和电视台为超级分发系统提供了“存在性证明”。该系统自由分发拷贝，电台和电视台只为它们使用的那些拷贝付钱。对于音乐人来

说，如果电台制作了他们的音乐带拷贝，分发给别的电台（“让比特自由流动！”），他们会相当高兴，因为这增加了电台使用他们音乐的机率。

日本电子工业发展协会所设想的未来是，软件应该不受各种对软件版权或者移动性的限制而在网络中无阻碍地渗透。和考克斯、斯普拉格还有密码朋克们一样，他们期望通过公钥加密，使得在向信用卡中心传输计量信息时，能够保持信息的私密性不受篡改。彼得·斯普拉格明确表示：“对于知识产权来说，加密计量就相当于美国作曲家、作家与出版商协会。”

考克斯在互联网上散发了一本关于超级分发的小册子，其中恰到好处地总结了这些优点：

当前，软件的易复制性是一种负担，超级分发则让它变成了一种资产；当前，软件商必须花费重金让用户知晓自己的软件，超级分发则将软件扔进世界，自己给自己做广告。

按次付费这个难题一直在纠缠着信息经济。过去，很多公司尝试按观看或者使用次数销售电影、数据库或者音乐，都未能成功，还付出了数十亿美元的代价。这个问题仍然存在。问题是，人们不愿意为他们还没有看到的信息预先付钱，觉得这些信息未必对自己有用。同样，人们也不愿意在看完了这个东西之后付钱，因为这个时候往往直觉都会“应验”：没有这东西他们也能活下去。你能想象看完电影后被人要钱吗？医学知识是唯一一种在没看到之前就收到钱的信息，因为购买者认为他没有这种知识就活不下去了。

通常，可以通过试用来解决这个问题。勾魂夺魄的预告片就能说服人们看电影之前先花钱买票。软件，可以借朋友的试用；而书或者杂志则可以在书店翻看。

另外一个办法是降低准入价格。报纸就很便宜，所以我们是先买后看。信息计量真正富于创造性的是它为我们提供了两个解决方案：一是记录数据使用量（流量），二是降低信息流的价格。加密-计量的方法是把价格昂贵的大块数据分成便宜的小块数据。而人们对于这种少量低价的信息，已经做好了预先支付的准备，尤其是以看不见的方式从户头里扣除的时候。

加密-计量方法的精细粒度让斯普拉格非常兴奋。我请他举例说明这种方法到底能够达到多么精细的程度，他立刻就说出一个，很明显他已经对这事琢磨一会儿了：“比如说，你在科罗拉多州特柳赖德市自己的家中，想写荤段子。假设你一天可以写一个，我们可能会在世界上找到1万个人愿意每天付10美分来看你写的段子。这样一来，我们一年就可以收上365000美元，其中给你12万，你这辈子就够花了。”一个不值钱的段子，不管写得多淫荡多巧妙，除了网络，你找不到其他任何市场出售，不值得一卖。也许整本书有可能——也就是把荤段子汇编成集，但单独一篇，不可能。但是在网络市场，哪怕是一个段子——信息量也就跟一块口香糖那么多，也值得制作和销售。

斯普拉格还列举了其他一些可以在市场中以细颗粒度交易的例子。有些东西他现在就愿意付钱购买：“我愿意每个月出25美分购买布拉格的天气情况；我愿意购买我的股票价格更新信息，每支股票50美分；我愿意每周花12美元购买股评；因为我经常被堵在芝加哥，所以我需要不断更新的奥黑尔机场拥挤报告，每个月1美元；另外，我愿意每天花5美分买《恐怖的哈加》漫画的更新。”所有这些东西，现在的状态是要么随意乱发，要么就是合起来高价卖出。而斯普雷格提出的网络中介市场，可以对这些数据“分类定价”，然后以合理的价格精选一小段发送到桌面终端或者掌上移动设备。加密技术会计量信息，防止你窃取那些在其他情况下（市场中）根本不值得保护或销售的小片段数据。本质上，信息的海洋从你身边流过，但你只为你那所饮的那一瓢付钱就好了。

此刻，这一特殊的信息隔离技术以价值95美元的电路板形式存在，它可以插到个人电脑上，连接到电话线。为了鼓励像惠普这样的大计算机制造商把此类硬件板装到它流水线上的产品中，斯普拉格的公司Wave Inc.把加密系统收入的1%提供给制造商。第一个市场是律师群体，“这是因为，”他说，“律师们通常每个月会在信息搜索上花费400美元。”斯普拉格的下一个动作，是要把加密-计量集成电路和调制解调器压缩到一块价值20美元的微型芯片上，可以装到传呼机、录像机、电话、收音机以及其他任何一种能分发信息的东西上。通常，这一远大理想可能被看作是过分乐观的菜鸟发明家的白日梦。不过彼得·斯普雷格可是世界主要的半导体生产商之一——国家半导体 [6] 的主席以及创始人。他在硅片行业里的地位就如同亨利·福特在汽车行业中的地位。他可不是密码朋克。如果说有人知道如何在针尖上发起革命性经济的话，那这个人可能就是他了。

## 12.4 带电荷的东西就可用于电子货币充值

我们所期待的信息经济和网络文化还缺少一个重要的组成部分——再一次需要加密技术使之成为可能的成分，这也是那些留长发的密码反叛者正着手试验的关键性要素：电子现金。

我们已经有了电子货币。每天，从银行金库到银行金库，从经纪人到经纪人，从国家到国家，从雇主到雇员的银行户头，到处都流动着看不见的电子货币。单单一个票据交换所的同业支付系统，每天通过电线和卫星流动的资金平均就有上万亿美元。

不过，这条数字之河中涌动的，是机构的电子货币。它和电子现金的差别如同大型电脑主机和个人电脑之间的差别。当我们口袋里的现金能够数字化，像机构资金经历的那样，由实物转变成为数据，我



们就会体验到信息经济最为深刻的影响。就象计算机从机构走向个人之后才重塑了整个社会，电子经济的全面影响，也要等到个人的日常现金（以及支票）交易数字化之后才能显现。

我们可以从信用卡和ATM机上看出一点数字现金的端倪。我和我这一代的绝大多数人一样，从ATM机中提取要用的小额现金，已经好多年都没进过银行了。平均下来，每个月我使用的现金更少了。高管们飞来飞去，在忙碌中消费——吃饭、住店、打车、买日用品和礼物，他们钱包里的现金却不超过50美元。对某些人来说，无现金的社会早已经成为现实了。

在今天的美国，信用卡支付占到所有消费支付的十分之一。想到不久的将来，人们用信用卡支付所有交易将成为一种惯例，信用卡公司的口水都要流下来了。Visa在美国的部门正在快餐店和杂货店试验一种刷卡的电子货币终端（无需签名）。自从1975年以来，Visa已经发行了超过2000万张借记卡。它实际上把ATM机从银行的墙上移到了商店的收银台。

银行和大多数未来学家所吹捧的无现金货币，无非就是现有通用信用卡系统的进一步普及。艾丽丝有一个National Trust Me银行的账户。银行发给她某种便携智能卡。她到ATM机上给她那张钱包大小的借记卡充300美元，钱则从她常用账户上扣除。她持卡可以在任何一个有National Trust Me智能卡刷卡设备的商店、加油站、售票点、电话亭消费这300美元。

这种图景有什么不对呢？大多数人都觉得这个系统强过带着现金走来走去，也强过欠Visa或万事达的债。但是这个版本的无现金概念，忽视了用户和商家的利益，结果多年来还停留在筹划阶段，而且很可能就止步于此。

借记卡（或信用卡）的最大软肋就在于它的坏毛病：记录了艾丽丝从报亭到托儿所的所有购买历史。若是单单记录一个商店也还没什么可担心的，但是通过她的银行账户或者社会保险号能检索到每个商店的消费记录。这就使得她在每个店的消费历史可以被用来构成一份精准且极具市场推广价值的档案。这是很容易的事情，而且必然会有人这么做。这样一份货币档案包含着关于爱丽丝的重要信息（更别说她的隐私数据了），艾丽丝本人却无法控制这些信息，而且从信息的泄露中也得不到任何补偿。

其次，这些智能卡是由银行发放的。银行可是传说中的吝啬鬼，所以，你也知道这笔费用最后会出在谁身上了吧，而且还要按照银行比率付费。艾丽丝也必须为使用智能卡进行交易而产生的费用付钱给银行。

第三，不管什么时候使用借记卡，商家都要付给系统一定比例的钱。而这让他们本来就不多的利润再次减少，从而打消了商贩在进行小额交易时使用借记卡的念头。

第四，艾丽丝只能在使用Trust Me专有技术的刷卡设备上才能用那些钱。这种硬件隔离已经成为（该）系统不会在未来出现的主要因素。同时，也排除了个人对个人支付（除非你想带着个刷卡机到处走让别人来刷）的可能。还有，艾丽丝只能在Trust Me官方的ATM机上给卡充值（本质上是购买货币）。这个问题可以通过使用接入所有银行网络的通用刷卡机构建银行合作网络来解决。这一网络已经初见雏形。

借记卡现金的替代方案是真正的数字现金。数字现金没有借记卡或信用卡的缺点。真正的数字现金是真钱，具有现金的私密性和电子的灵活性。支付是“真金白银”的，但没有关联性。这种现金不需要专属的硬件或软件。因此，钱可以在任何地方，任何个人之间传递。作为收钱的一方，你不必是店家或机构用户；任何接入系统的人都可以

收钱。同时，任何拥有良好声誉的公司，都可以提供电子货币的充值服务。这样，费率就会由市场来决定。银行只是外围参与者。如果你愿意，你可以用数字现金订比萨、付过桥费、还朋友钱、还按揭。它和旧式电子货币的不同之处在于，它是不具名的，除了支付人之外，没有人能够追查到它。使这种体系得以运转的就是加密技术。

这种方法——技术上叫作“盲数字签名”，是基于一种已经经过验证的、称为“公钥加密”的技术变种。下面是它在消费者层面的工作方式。你用数字现金卡在“乔大叔肉店”购买精良烤肉。商家通过核查发行货币银行的数字签名来确认支付给他的钱之前确实没有“花”过。不过，他看不到付钱人的记录。交易完成之后，银行就有验证帐单，上面显示你花了7美元，而且只花了一次，同时记录“乔大叔肉店”确实收到了7美元。但是交易双方没有联系，而且只有支付方同意了，银行才能重建这两笔帐。乍一看，这种既要隐蔽性又要可验证性的交易似乎不合逻辑，但要实现它们的“隔离”是完全可以做到的。

除了扔钢蹦之外，数字现金可以做到口袋里的现金所能做到的任何事情。你会有关于你的支付情况的完整记录，包括你是向谁支付的。而“他们”有的则是一个收钱的记录，并不包括是谁付的钱。同时做到精确记账和100%匿名，这在数学上是可以“无条件”实现的——绝无例外。

数字现金所具有的私密性和灵活性来源于一种简单而聪明的技术。我问一个做数字现金卡的创业家，能否看一张他生产的智能卡，他表示很抱歉，他以为放了一张在钱包里，结果没找到。他说，智能卡看起来就像一张普通的信用卡，说着就给我看他的几张信用卡。它看起来就像.....嘿，在这呢！他利落地掏出一张空白的、非常薄的、柔韧的卡片。这张长方形塑料存有数学上的钱。卡片的一角是拇指甲大小的金色方块。这是一部计算机。这种CPU比一片泡发的玉米片大不了多少，内存有限数额的现金，比如，500美元或者100次交易。这

种芯片由Cylink [7] 制造，内装一个特别设计用来处理公钥加密算法的协处理器。在那个微型计算机的金色方块上有6个非常微小的表面触点，当卡插到刷卡器里的时候它就会被连接到在线的计算机上。

略微愚钝一点的智能卡（没有加密）已经在欧洲和日本大行其道了——使用量大约有1600万张。在日本，预付款的电话磁卡非常流行，这其实是电子货币的一种原型。日本电信电话株式会社（NTT）迄今为止卖出了3.3亿张磁卡（大约每个月1千万张）。而在法国，有40%的法国人随身携带电话智能卡。纽约市最近为它大约5.8万个公用电话亭中的一部分引进了无现金电话卡。促使纽约市这么做的不是未来主义，而是小偷。根据《纽约时报》的报道：“每三分钟就有一个小偷、破坏者或者其他的电话亭暴徒砸掉电话亭里的钱箱或者弄断听筒线。此类事件一年会发生超过17.5万起。”而纽约市每年为此花费的修理费则达到了1千万美元。纽约所用的这种一次性电话卡并不特别高明，但足以满足需要。它使用了红外线光学记忆——这在欧洲的电话卡中非常普遍，很难少量伪造，但大批量生产时又非常便宜。

在丹麦，智能卡取代了丹麦人从没用过的信用卡。所以，人们在美国用信用卡，到了丹麦就得揣上一张智能借记卡。丹麦法律规定了如下两个主要限制：（1）没有最低消费；（2）不追加卡的使用费。其直接后果就是，在丹麦，智能卡开始在日常使用中取代现金，而且超过了美国支票和信用卡取代现金的程度。这些卡的普及为其自身种下了祸根，因为智能卡和低廉、无中心的电话卡不一样，它依赖于和银行之间的实时互动。它们使得丹麦的银行系统过载，电话线路被霸占——因为哪怕是卖出一块糖果都要将数据传到中央银行。系统被交易事务淹没，造成的损失超出了其带来的价值。

现在居住在荷兰的伯克利密码学家大卫·乔姆对此有一套解决方案。乔姆是阿姆斯特丹数学与计算机中心密码系统组的负责人，他为分布式的、真正的数字现金系统提供了数学编码。按照这个解决方

案，每个人都随身携带装有匿名现金的可充值智能卡。这种数字现金和来自家里、公司或者政府的电子现金流畅往来。它离线工作，不会占用电话系统。

乔姆看上去就像典型的伯克利人：灰胡子、一头长发捋在脑后扎成标准的马尾辫，身穿花呢夹克，脚穿便鞋。他在做研究生的时候就对电子投票的前景和问题发生了兴趣。为了准备论文，他研究不能伪造的数字签名，这是防欺诈的电子选举中必不可少的工具。从那时开始，他的兴趣逐渐转向了计算机网络通讯中的类似问题：怎么能够确信一个文档确实来自于它所声称的地方？同时他想知道：如何保持某些信息的私密性，令其无法追踪？这两个方向——安全和私密——把他引向了密码学，并使他获得该学科的博士学位。

1978年的某个时候，乔姆说：“我当时灵光一闪，想到以这种方式构造一个人群的数据库是可能的：你无法通过这个数据库的信息把其中的人关联起来，但能够使用它证实对其中每个人的各种描述的正确性。当时，我正试图说服自己这是不可能的，但是，我看到了可能的做法，然后我就想……啧啧……不过一直到1984还是1985年的时候，我才想清楚到底应该如何实现它。”

乔姆把他的发明叫作“绝对不可追踪性”。当把这段代码整合到具有“几乎不可破解的安全性”的标准公钥加密代码中之后，组合的加密方案就能提供匿名电子货币以及其他的功能。乔姆的加密现金（到目前为止还没有任何地方的任何系统是加密的）为基于智能卡的电子货币提供了多项重要的实用改进。

首先，它提供了与实物现金同等的私密性。过去，如果你用一美元从商家那里买一份煽动性的小册子，商家就确实拿到了一美元，他可以把它支付给任何人；但是他没有给他钞票人的信息记录，同时也没有任何办法重构这些信息。在乔姆的数字现金中，商家同样收到从你的卡（或者在线账户）上转过来的一数字美元，银行则证明他确实

收到一美元，不多不少，但是没人（除了你，如果你愿意）能够证明这一美元到底是从哪来的。

一个小告诫：按照迄今为止的实施情况，智能卡版的现金，如果被偷或者丢失的话，它跟实物现金一样有相同的价值，也造成相同程度的损失。不过，如果用个人身份码来加密的话，可以极大地增进安全性，虽然用起来会有些麻烦。乔姆预测，数字现金的用户进行小额交易时会用较短的个人身份码，或者完全不用密码，而进行大额交易则会用较长的密码。考虑了一会，乔姆又说：“为预防被强盗用枪逼着说出密码，艾丽丝可以使用一种‘挟持密码’，输入后智能卡表面上正常工作，实际上却隐藏了那些更有价值的财产。”

其次，乔姆的智能卡系统是离线工作的。它不要求像信用卡那样通过电话线即时验证。这样一来，其成本就很低，而且非常适用于拥有大量小规模交易的场所，比如，在停车场、餐厅、公交车上消费或打电话、在杂货店购物等。交易记录每天一次成组传送到中央记账计算机。

在这一天的延迟时间内，从理论上说，是可能作弊的。那些处理大额交易的电子货币系统是在线且近乎实时运行的，在收发的瞬间作弊的可能性很小，却仍然存在。从理论上说破解数字现金的隐私信息（谁付给谁钱）是不可能的。但如果你需要一小笔钱的话，可以用超级计算机破解数字现金的安全信息——这钱有没有用过。破解了RSA的公钥密码，你就可以用密钥消费不止一次，直到银行收到数据，把你抓住。因为乔姆的数字现金有个非常有趣的怪癖：除非你想要作弊花钱超过一次，否则这钱是不可追查的。这样的事情一旦发生，两次花费所携带的额外信息就足以追踪到付款人了。因此，电子货币跟实物现金一样是匿名的——但作弊者除外！

正是由于成本低廉，丹麦政府正计划把“丹麦卡”换成“丹麦币”——一种适合小额交易的离线系统。运转这样一个系统所需的计算

资源是极小的。每一次加密交易只占用智能卡上的64字节。一户人家一年所有收入和开支的财政记录，可以很轻松地存到一张高密软盘中。乔姆计算过，现在的银行主机处理数字现金的计算能力绰绰有余。离线系统的加密保护，极大的消减了ATM和信用卡通过电话线进行的交易计算量，这就可以使同样的银行主机能够处理更多的电子现金。就算我们假设乔姆对更大规模系统的计算需求估计错误，比如，少算了一个量级，以目前计算机计算能力的加速之迅猛，也只会使银行现有计算能力的可行性延期几年而已。

改变一下乔姆的基础设计，人们就可以在家为计算机设备装上数字现金软件，通过电话线接收别人的付费，或者给别人付钱。这将是互联网上的电子货币。你给你女儿发电子邮件，附件里添加100美元的电子钞票。而她则可以通过电子邮件用这笔钱买回家的机票。航空公司则把这笔钱传给一位飞机餐的供应商。在乔姆的系统中，没有人能够追查到这笔钱的流动路径。电子邮件和电子现金可以说是天作之合。数字现金或许在现实生活中不成功，但在新兴的网络文化中却会繁荣发展起来。

我问乔姆，银行对于数字现金有什么看法。他的公司拜访过大多数“大玩家”，也被他们拜访过。他们说没说过：哎呀，这种东西会威胁到我们的商业活动？或者，他们说没说过，嗯，这加强了我们的业务能力，使我们更有效率了？乔姆说：“这个嘛，参差不齐。我发现那些身穿1000美元西装在私人会所进餐的公司规划者们，比那些相对来说层级较低的工作人员对这种东西更有兴趣，因为前者的工作就是展望未来。银行自己不开发这样的东西，他们会让自己的系统人员从开发商那里购买。我的公司则是第一家提供电子货币的开发商。我在电子货币方面有广泛的一套专利组合，包括在美国、欧洲或者其他地方。”乔姆的一些密码无政府主义的朋友们到现在仍然因为乔姆把他的技术申请了专利而不给乔姆好脸。乔姆为此辩护，对我说：“事实证明我进入这个领域时间很早，因此解决了所有的基本问题。现在的绝大



多数新工作（关于加密的电子货币）都是在我做的基础工作上扩展和应用。而问题在于，银行不愿意把钱投到未受保护的东西上。专利权对于让电子货币成为现实非常有帮助。”

乔姆是一个理想主义者。他认为安全性和私密性是矛盾的两面。他的更大目标是为网络世界的私密性提供工具，以使私密性和安全性达成平衡。在网络经济中，成本不成比例地依赖于用户的数量。要达到传真机效应，需要早期接受者达到临界值。一旦数量超过了阈限，事情就无法停止了，因为它是自我加强的。各种迹象表明，与其他涉及数据私密性的应用相比，电子货币的临界值更低。乔姆打赌说，电子邮件网络内部的电子现金系统，或者为地方公共交通网络服务的、基于智能卡的电子现金系统，都具有最低的临界值。

当前最想应用数字现金的人是欧洲的市政官员。他们把基于智能卡的数字现金看成是现在大多数城市公车或者地铁部门普遍发行的“快速通过磁卡”的换代产品。里面充的钱是你乘公交需要的钱。不过，它还有其他好处：同样一张卡，开车出行时可以用来付停车费，长途旅行时可以用来付火车票钱。

城市规划人员希望能够在进城或者过桥的时候不用停车或者减速就可以自动缴费。条形码激光器能识别在路上行驶的汽车，司机也会接受购买代金券。阻碍更精密的缴费系统实施的，是一种奥威尔式的恐惧：“他们会获得一份关于我的车都去过哪儿的记录。”不过，尽管有这种恐惧，记录汽车身份的自动缴费系统已经在俄克拉荷马州、路易斯安那州和得克萨斯州投入使用了。这三个州地处交通繁忙的东北部，同意安装一个兼容系统，开始在曼哈顿/新泽西的两座大桥上试验。系统中，贴在汽车挡风玻璃上的卡片大小的无线电装置发射信号给缴费闸门，然后闸门就会从你在这个闸门（而不是卡片）的帐户上扣钱。类似的装置也正在得克萨斯州的收费公路系统上使用，其可靠

程度达到了99.99%。只要人们愿意，这些已经过验证的缴费系统可以很容易地改造成乔姆的不可追踪的加密支付系统和真正的电子现金。

按照这种方式，用在公共交通上的智能卡，也能用来支付私人交通。乔姆讲述了他在欧洲城市的经历，这种传真机效应——在线的人越多，就越能刺激人们加入——一旦产生效应，很快会带来其他用途。电话公司的官员闻听到消息之后，就告诉大家他们会用这种卡片来摆脱让公用电话陷入“硬币”灾难的麻烦；卖报纸的打电话询问是否能用智能卡……很快网络经济就开始接管一切。

无处不在的数字现金与大规模电子网络配合默契。互联网绝对会是第一个电子货币深入渗透的地方。货币是另一类信息，一种小型的控制方式。货币也会随着互联网延伸而扩展。信息流动到哪里，货币肯定也会跟随其后。由于其去中心化、分布式的本性，加密的电子货币肯定能改变经济结构，就像个人电脑颠覆了管理和通讯结构一样。最重要的是，在信息社会中，电子货币所需的私密性/安全性创新对于发展出更高层级的可适应的复杂性至关重要。我还要说：真正的数字现金，或者更准确地说，真正的数字现金所需要的经济机制，将会重新构造我们的经济、通讯以及知识。

## 12.5 点对点金融与超级小钱

数字货币对于网络经济的蜂群思维的重要影响已经开始显现。我们预计有五方面：

◎加速度。货币完全脱离物质实体后，流通速度就会加快。它将流通得更远、更快。而货币流通速度增加的效果等同于货币流通量的增加。卫星上天，使全球证券交易能够接近光速不分昼夜地运转，从

而使得全球货币量扩大了5%。大范围地使用数字货币将会进一步加快货币流通的速度。

◎连续性。由黄金、珍贵原料或者纸组成的货币，以固定单位出现，并在固定时间支付。譬如，ATM机吐出的是20美元钞票，诸如此类。尽管你每天都要使用电话，但是一个月只给电话公司付一次钱。这是一种“批量模式”的货币。电子货币是连续流。用阿尔文·托夫勒 [8] 的话来说，它允许以“点滴的方式从你的电子账户中分分秒秒地流出”，来支付重复发生的费用。只要你挂上电话，电子货币账户就要为这一通话付费，或者这样做怎么样？——在你通话的时候就付费。支付与使用同时发生。随着流通速度的加快，连续电子货币就能接近即时支付。而这会妨碍银行的发展，银行现在的利润有很大一部分是来自于“在途货币” [9]，而即时性令其不复存在。

◎无限互换性。我们终于有了真正的可塑货币。一旦完全脱离了实体，数字货币就不再局限于单一的传递形式，而是可以愉快地在任何一种最方便的介质中迁移。分立的账单逐渐消失。账目会与服务内容或者服务本身同时出现。录像带的账单可以整合在录像带之中。发票就在条形码中，用激光一扫就可付清。任何一种有电荷的东西，都可用来充值付费。兑换外币变成了变换符号。货币跟数字信息一样具有了可塑性。以前不曾属于经济活动的某些交换和交互可以更容易地使用货币进行。它为商业活动打开了通向互联网之门。

◎可达性。迄今为止，对货币进行精密周全的操控一直是专业金融机构（金融神父）的私有领域。但是，正如百万台苹果机击溃由高等祭司所卫护垄断的主机电脑，电子货币也将打破金融婆罗门的垄断。想象一下，如果你的图标拖到电子票据上就可以收取（并且收到）你应得的利息；想象一下，如果你能在“应收利息”图标上分解并且设定可变的利息，让它随时间的增加而增长。或者，如果你能够提前发送款项，也许就能按分钟收取利息。或者，在个人电脑上编个程

序，让它能够按照银行优惠贷款利率来区别付费——为业余人士把货币交易写成程序。或者可以让电脑追踪汇率，用当前最不值钱的货币支付账单。一旦大众可以和专业人士同饮一江——电子货币这条江——之水，所有这些智能金融工具，就立刻浮出水面。现在，我们也许可以把金融也加入我们的鼓捣对象之中，我们正走向编码资本主义。

◎私有化。电子货币在获取、交付和产生方面的便利性让它成为私有货币的理想候选。日本电信电话株式会社捆绑在电话卡上的那2140亿日元，只不过是私有货币的一种有限类型。互联网的法则：只要计算机与电子货币连接，那么谁拥有了计算机，他拥有的就不只是印刷机，还有铸币厂。准货币会突然出现在有信用的任何地方（也会在那里突然消失）。

从历史上看，绝大多数的现代实物交易网络会迅速转向使用货币交易；人们或许认为电子交易组织也会如此，但是，电子货币系统所具有的盲目性却可能不会遵从这一趋势。准货币网络能否浮出水面，是个涉及到3500亿美金税费的问题。

货币的铸造和发行是政府仅存的尚未被私有部门侵占的少数功能之一。电子货币将削弱这难以克服的障碍。这么做，会为私有统治体制提供强有力的工具。这些私有统治体制可能是由反叛民族的团体建立的，也可能是由世界大都市附近迅速增长的“边缘城市”建立的。在全球范围内使用机构电子货币进行洗钱已经超出了任何人的控制。

## 12.6 对隐密经济的恐惧

电子货币的本质——无形、快速传播、廉价以及全球渗透，很可能会造就无法抹除的隐密经济。这可比仅仅为贩毒洗钱严重多了。网

络世界中，全球经济植根于分散的知识和去中心化的控制方式之中，电子货币不是一种可选项，而是一种必需。当网络文化繁盛起来的时候，准货币也会随之繁荣。电子矩阵，注定是一块坚硬的隐密经济的内陆。互联网络对电子现金如此友好，使其一旦嵌入网络的链接中，就很可能无法根除。

事实上，匿名数字现金的合法性从一开始就处于灰色地带。在美国，对于公民所能使用的实物现金交易的数额是有严格规定的：你可以试试用一个背包装1万美金现钞去银行里存款。而政府对匿名数字现金的额度限制又将会是多少呢？所有政府的倾向是要求充分公开金融交易（以保证他们那份税钱）并且阻止非法交易（就像毒品之战）。在由联邦资助的网络中允许不可追踪的贸易繁荣发展，这样一种前景，如果政府真动脑子去想一想的话，是会非常忧虑的。他们当然不会这么做。一个无现金的社会，感觉就好像是老掉牙的科幻小说，而且这个观念还会让每一个身陷纸海的官僚想起那个未达成的无纸社会的预测。密码朋克邮件列表的维护员埃里克·休斯说：“真正的大问题是，在政府要求对每一笔小交易进行报告之前，货币在网络上的流动到底能达到多大的程度？因为如果流通量足够大，超过了某个临界值，那么汇聚起来的货币就有可能提供一种经济动力，刺激跨国的货币发行服务，那时候一国的政府做些什么就都无关紧要了。”

休斯设想在全球网络出现若干电子货币机构。供应商们充当的就是旅行支票公司。他们为获取比如1%的额外费用而发行电子货币。然后你就可以在任何接受此货币的地方使用互联网快递支票。不过，在全球互联网的某处，隐密经济很可能会迎来它的曙光，也许是由正在苦苦求存的发展中国家政府所资助。就像那些老式的瑞士银行一样，这些数字银行业可以提供不被上报的交易。如果在网上进行交易的话，那么即使你在康涅狄格的家里用尼日利亚奈拉付账，也不比你用美元付账困难。休斯说道：“有趣的市场试验是等到市场均衡之后，看看匿名货币的收费差别有多大。我猜测是它可能会高上1到3个百分

点，上限是大约10个百分点。这个数字将是金融私密性价值的第一个真实测度。还有一种可能，匿名货币将成为唯一的货币。”

草根阶级突然接管原本神秘被禁止的密码和代码领域，产生的最重要的结果也许就是获得了可用的电子货币。日常生活中的电子货币，是军方加密技术中从没出现过的新用途。一定还有许多潜在的加密技术应用，因为密码朋克们自身的思想倾向而被视而不见，它们恐怕要等到加密技术进入主流之后才能被发现——而它肯定会进入主流。

到今天为止，加密技术已经衍生出以下成果：数字签名、盲证书（比如说，你有一张文凭，证书上说你是博士，但是，却没有人能够把这张证书跟其他一些上面有你名字的证书，比如你从驾校获得的证书联系在一起）、匿名电子邮件，以及电子货币。这些“隔断”技术，将会随着网络的兴盛而兴盛起来。

加密胜出，因为它是必要的反作用力，防止互联网不加节制地联结。任由互联网自行发展，它就会把所有人、所有东西都联结在一起。互联网说，“连接”；密码则相反，说“断开”。如果没有一些隔断的力量，整个世界就会冻结成一团超载的、由没有私密性的联结和没有过滤的信息组成的乱麻。

我之所以能听得进去密码朋克们的观点，并不是因为我觉得无政府主义是解决所有问题的万灵丹，而是因为在我看来，加密技术使网络系统产生的铺天盖地的知识和数据变得文明一些。没有这种驯服精神，互联网络就会变成扼住自身生命之网，它会因自己无限增多的联结扼杀自己。网络是阳，密码分子就是阴，一种微小隐蔽的力量，能够驯服去中心、分布式的系统引发的爆炸性的相互联结。

加密技术允许蜂巢文化所渴求的必要的失控，以在向不断深化的缠结演变中保持灵活和敏捷。

---

[1] 凯玛特 (K-Mart)：类似于沃尔玛的一家连锁超市，在与沃尔玛的竞争中曾经落败并破产重组。

[2] 点对点 (Peer-to-Peer，或P2P)：泛指一种网络技术或拓扑结构，它不同于传统的服务器/客户端结构，没有中心服务器，网络中的节点都是平等的同级节点，既充当服务器，又是客户端。事实上，“点对点”的中文用法并不完全准确，计算机中真正的点对点是point-to-point。因此，peer-to-peer也时常被译为“群对群”，或“对等”。

[3] PGP加密：PGP是Pretty Good Privacy的缩写，中文译为“蛮不错的私密性”。该加密算法的主要开发者为菲利普·齐默曼 (Philip R.Zimmermann)，他在志愿者的帮助下，突破政府禁令，于1991年将算法在互联网上免费发表。

[4] 匿名邮件中继服务器：是一种网络服务器，它接收含有内嵌指令的信息——这些指令告诉服务器下一步将信息发往何处——并将信息按指令发送出去，而对于它从何处接收到的信息却不做任何透露。

[5] NeXT机：乔布斯在被迫离开苹果后，于1985年创办了一家电脑公司，生产名为NeXT的计算机。该款计算机在商业上并不成功，总销量为5万台左右。但它在面向对象的操作系统以及开发环境方面的创新性则影响深远。

[6] 国家半导体 (National Semiconductor)：世界最大的半导体制造商之一，总部位于美国加州圣塔克拉拉市。

[7] Cylink：一家专门从事软、硬件安全性研发的公司，于2003年被SafeNet收购。

[8] 阿尔文·托夫勒 (Alvin Toffler)：当今最具影响力的社会思想家之一。未来学大师、世界著名未来学家。

[9] 在途货币 (float)：在银行系统中，款项从付款方账户中划出到划入收款方账户中这段时间里，称为在途货币。



## 第十三章

### 上帝的游戏

#### 13.1 电子神格

《上帝也疯狂 2》是一款制作精良的计算机游戏，是那种玩家为神的游戏。换句话说，在这个游戏里，你扮演的是天神的角色，准确地说，是宙斯的某个儿子。通过计算机屏幕的窗口，你居高临下地监视着一片大陆，大陆上的小人儿们正在跑来跑去地种田、盖房或者四处溜达。通过一只闪闪放光的蓝手（神手），你可以向下探触到这片大陆，改造它。你既可以逐渐地抹平山峰，也可以逐渐地雕琢出山谷。无论是哪种情况，你要做的都是平整出可以让人类耕种的土地。而对于你来说，除了引发一系列自然灾害比如地震、海啸、飓风之外，你对你的世界中的人们唯一的直接影响，也就是这只地理之手了。

良田造就快乐的人民。你可以看着他们兴盛起来，四处忙碌。他们首先要盖农舍；接着，等人口增加之后，他们会盖起红瓦屋顶的宅院，如果一切进展顺利的话，最终他们就会建起复杂的带城墙的城市，用石灰水刷得白白的，在地中海的阳光下熠熠生辉。而这些小人儿们越是繁荣，他们对你就越加崇拜，你这个神就能获得越多的魔法值。

不过，你的问题也由此而来。在更为广阔的土地上，宙斯的其他儿子也在为获得永生而与你以及彼此竞争。这些天神可以由别的玩家扮演，也可以由游戏自己通过人工智能扮演。其他天神会对你的子民

施以7种灾祸，将子民对你供奉和崇拜的基础完全抹去。他们会掀起摧毁性的蓝色海啸，不仅淹死你的人民，还淹没他们的农田，进而危及到你自己作为神的存在。没有人民，就没有崇拜，也就不会有天神。

当然，你也可以“礼尚往来”，如果你手里有足够的魔法值。但动用破坏力所要消耗的魔法值令人咋舌。不过，除了令对手的领地分崩离析以及吞噬尖叫的小人以外，你还可以用其他方法赚取魔法值，击败对手。你可以弄个潘神出来在你的地界上来回游荡，用他的魔笛吸引新的加入者。或者，你也可以立起一个“教皇磁石”——一个花岗岩埃及十字纪念碑，其功能相当于一个神龛，用来吸引信徒和朝圣者。

与此同时，你自己的子民们正躲避着你那些心怀不轨的同父异母兄弟们降下的烈火风暴。另外，当那些诸神们的小联盟祸害完你的一个村子后，你必须决定到底是着手重建它呢，还是利用你的武器库去追杀他们的子民。如果是后者，那么你可以用一个飓风把房子和人类之类都吸起来，然后在光天化日之下把它们抛到大陆另一边。或者用圣经中的灭世之火把大地烧成不毛之地（直到某个天神再次播下治疗性的野花，将这片土地恢复起来）。或者，也可以从一个位置不错的火山那里释放出燃烧着的熔岩之流。

在拜访这个游戏的发行商“艺电”<sup>[1]</sup>的办公室时，我从一个元神的视角对这个世界来了一次专家之旅。在那里，我完全被神力的施展速度给吸引住了。杰夫·哈斯是这个游戏的开发人员之一。你可以把哈斯叫作创造其他诸神的超级天神。他的手指向一个村庄上一大片滚滚黑云，这片黑云就突然喷发出铺天盖地的闪电。电柱摇摆着击中大地。当一个白色电柱击中一个人时，这个人就被烤成了焦黑的脆皮。哈斯看着这精美的画面哈哈大笑，我却大为震惊。“是的，”他有点不好意思的承认，“这个游戏的主旨就是破坏，尽是乱砍乱烧。”

“不过作为一个天神，你还是有一些积极的事情可以做的，”哈斯主动介绍说，“不过不太多。其中之一是造树。树总是能让人开心的。你还可以用野花为这片大地赐福。但多数情况下，它都是在破坏或被破坏。”这种理念，亚里士多德也许早已知晓。在他那个时代，诸神就是些让人恐惧的存在。天神作为兄弟甚至盟友的这种观念，绝对是太新潮了。在他那个时代，你最好是躲着点神，需要的时候再安抚他们一下，然后就祈祷你的神能灭掉其他的神。那是个危险又反复无常的世界。

“我就这么说吧”，哈斯说道，“你绝对不想成为这么一个世界里的人。”你说对了，对我来说那是神格。

## 13.2 有交互界面的理论

要想玩好《上帝也疯狂》这款游戏，你必须像神一样去思考。你不能指望一一经历这些小人的生活而取得胜利。你也不可能在同时操控每个小人时还指望保持神志清楚。控制必须交给人数众多的群体来进行。《上帝也疯狂》中的个体，不仅仅是几段代码，它们还拥有一定的自主性和匿名性。他们的这种混乱嘈杂的状态，必须以一种集体性的方式巧妙地加以约束。而这正是你的工作。

作为神，你只能通过间接手段控制世界：你可以提供激励，处理全球性事件，精打细算地进行交易，或者希望将它们处理得井井有条，这样你手下的那些小东西才会追随你。在这个游戏中，原因与结果有一种共同演化的关系，因果链条颇为模糊，往往是牵一发而动全身。因果的演化也往往是朝着你最不想看到的方向去的，而所有的管理工作又都是平行进行的。

软件店里还有其他在发售的上帝类游戏：《铁路大亨》、《乌托邦》、《月亮基地》。这些游戏都可以让你这位新神引导你的子民建设一个自给自足的帝国。在《传播力量》这款游戏中，你是四个类神的国王中的一个，你的目的是获得一个星球大片区域的至高权力。而你治下的数以百计的子民并非千篇一律毫无个性。每个公民都有自己的名字、职业、以及自己的人生。作为神，你的任务是鼓励这些子民开荒、挖矿、制作农具，或者把它们锻造成刀剑。你能做的一切就是调整这个社会的参数，然后就放手让他们自己干。对于神来说，很难预测下面会发生什么事情。如果你的人最终成功地统治了最多的土地的话，你就赢了。

在各种经典的上帝游戏的短暂历史中，《文明》这款游戏排名颇高。在这款游戏中，你的任务是带领你默默无闻的族群发展出自己的文明。你不能告诉他们如何制造汽车，但是你可以对他们进行合理安排，以便他们能够获得制造汽车所需要的“发现”。如果他们发明出了轮子，那么他们就能造二轮战车。而如果他们获得了砖瓦工的技能，就能进行数学运算。电学需要冶金学和磁学，而企业则首先需要银行技能。

这是一种新的游戏模式。急于求成的策略往往可能事与愿违。文明帝国的居民随时都可能起义，而且时不时的他们还真就这么干。你始终都在和对手掌控的其他文化群落进行殊死竞争。一边倒的竞争再寻常不过了。我曾经听说有一个狂热的《文明》玩家吹嘘说他曾用隐形轰炸机蹂躏了其他还在研究双轮战车的文明。

这只不过是个游戏，但《上帝也疯狂》却体现了我们与所有的计算机和机器（在）相互影响时所发生的微妙变化。人造物不再必定是一动不动、千篇一律的傻大个了。他们可能是流动的、有适应力的、变化不定的网络。这些以集团形态出现的机器运行在无数微型代理软件上，这些代理软件以一种我们无法彻底了解的方式互相作用着，产

生我们只能间接控制的结果。而若要获得某种有利结果，必然会对协调能力带来巨大挑战。那感觉就和放羊、照看果园和抚养孩子相似。

在计算机的发展中，人们首先接触到的是游戏，然后才是工作。如果一个孩子同机器之间能够相处，并且配合默契，那么他长大以后一定也会同样自如地和机器一起工作。麻省理工学院心理学家雪莉·特克认为儿童对于复杂设备的好奇，就如同相似之人之间能够产生吸引一样自然，是一种将自我投射到机器上的行为。而玩具世界绝对鼓励了这种拟人化趋势。

而另外一个上帝游戏《模拟地球》，标榜自己能够让玩家得到“终极的星球管理”体验，但这大可不必当真。我的一个熟人曾经讲过这样一个故事，有一次他开车和三个10到12岁的小男孩一起长途旅行。他们三个坐在后座，在一个笔记本电脑上玩《模拟地球》。他一边开车，一边偷听这些小孩的对话。听了一会儿，他推断这些小孩的目标是要进化出一条智能蛇来。孩子们说：

“你觉得我们现在能开始造爬行动物了吗？”

“瞎扯，哺乳动物都在接替它们了。”

“我们最好多加点阳光。”

“我们怎么才能让蛇变得更聪明一点呢？”

《模拟地球》没有什么故事情节或者固定的目标，在许多成年人眼里，这种游戏毫无成功希望。但是，小孩子们却毫不犹豫无需引导就爱上了这个游戏。“我们就跟神一样，而且很可能同样擅于做这份工作。”1968年，斯图尔特·布兰德如此宣称。而他说这话的时候，脑子里想到的就是个人电脑（这个词也是他在后来创造的）和其他活系统。

抛开所有的次要动机，电脑游戏让人上瘾的全部原因其实只有一个：创造一个属于我们自己的世界。我想不出有什么东西比做一个神更能让人上瘾的了。在未来一百年之内，我们可以买到模拟人造宇宙的卡带，接入到某个“世界”，看到其中的物种们鲜活起来，并且自发地相互影响。神的地位是难以抗拒的诱惑——即使有另一个英雄要付出血的代价也无法阻止。我们每天都会有几个小时沉浸在角色的互动历险中，而为了使我们的世界继续进行下去，这个世界的创造者们可以对我们予索予求。有组织的犯罪将通过向那些游戏上瘾者们兜售残暴的人工天灾——顶级飓风和价格不菲的龙卷风，而攫取数以十亿计的美元。随着时间的流逝，这些神之顾客将演化出坚强而讨人喜爱的群落，他们会迫不及待地用另一种经过充分渲染的自然灾害来考验它们。而对于穷人来说，肯定会存在变异体和偷盗物的地下交易。那种取耶和華而代之的一时快感，以及那种对自己个人世界的纯粹的、压倒一切的狂热喜爱，将把它附近一切的一切吞噬殆尽。

由于模拟世界在微小而可量的程度上与现实中的生物世界行为相仿，幸存者都会在成长出相应的复杂度和数量。尽管有投射其上的第二自我存在，这种分布、平行的模拟世界游戏的有机环境并不单纯是神的意志的体现。

《模拟地球》的本意就是建立一个拉夫洛克和马基莉斯的盖亚假说的模型，而它所取得的成功已经非同小可。在这个模拟出来的地球大气和地理环境中，所有的重大变化都通过系统自身复杂的反馈循环得到补偿。比如，星球如果过热的话，会增加生物量的产出，进而又会降低二氧化碳水平，使星球变得凉爽。

地球化学方面已经有证据表明地球具有进行自我修正的粘合力，但这是否能够证明地球本身是一个巨大的生物（盖亚），亦或其不过是一个大型的活系统，科学界一直争论不休。《模拟地球》也进行同样的测试，从中我们得到一个更加明确的答案：在《模拟地球》这个

游戏中，地球不是一个有机体。但它朝向有机体迈进了一步。通过玩《模拟地球》和其他上帝游戏，我们能够体验与自主活系统共舞的感觉。

在《模拟地球》中，各种因素交织在一起，形成了一张令人头脑发怵的影响网络，使人根本搞不清楚什么是干什么的。有时候，玩家们抱怨说《模拟地球》运行起来似乎根本置人类控制于不顾。就好像这游戏有自己的议程，而玩家只是在边上看着。

约翰尼·威尔逊是一位游戏专家，同时也是《模拟地球》手册的作者。按他的说法，毁灭盖亚（模拟地球）的唯一办法就是发动一场天灾级的变化，比如倾斜地轴成水平方向。他说《模拟地球》有一个由各种极限构成的“套路”，在这个套路之内，“模拟地球”总是会很快复原；你撞击系统时必须超过套路的极限才能撞毁它。只要“模拟地球”系统还在套路内运转，它就会按它自己的节奏来运行。一旦出了这个套路，它的运转就会毫无节奏可言。作为比较，威尔逊指出《模拟城市》这款《模拟地球》的姊妹篇游戏“作为游戏来说要令人满意得多，因为你会获得更多针对变化的即时而又明确的反馈，此外你还会觉得你有更多控制权”。

和《模拟地球》不同，《模拟城市》是由居民驱动的上帝游戏中最重要的经典游戏。这款屡获殊荣的游戏对城市的模拟如此令人信服，以至于专业的城市规划师都用它来演示真实城市——也是由居民推动发展的——的动态变化。在我看来，《模拟城市》之所以成功，是因为它是基于群体的，其基础和所有活系统一样，是一群高度联系而又独立自主的局部因素的集合，而各个局部因素又能互不干扰地运作。在《模拟城市》中，一个有效运转的城市，是由几百个做着纯朴工作的无知模拟人们（或叫模拟市民）创造出来的。

《模拟城市》遵循着上帝游戏那种头咬尾巴、自成圈套的惯常逻辑。除非你的城市里有工厂，否则模拟市民们根本不会来定居，但是



工厂会制造污染，污染又会把模拟市民们赶走。道路便于人们往返，但是又增加了税负，结果往往会降低你作为市长的支持率，而这又是你在政治上生存下来所必须的因素。一座模拟城市想要可持续发展，其所需的因素相互关联，错综复杂。我有一个朋友是《模拟城市》的超级玩家。我们可以从他下面这段话中对那座迷宫来个管中窥豹：“在一座我花了好几个模拟年搭建起来的城市中，我曾经得到过93%的支持率。这真是太棒了！我在能够创造税收的商业和能够留住市民的完美城市景观之间实现了良好的平衡。为了在我的大都会减少污染，我订购了原子能发电站。不幸的是，我一时疏忽把它盖在了我的机场的跑道上。一天一架飞机撞在了发电厂上，结果造成了灾难，在城里引起大火。可由于在附近我没有修建足够数量的消防站（太过昂贵），火势扩散了，最后把整座城都烧掉了。我现在正在重建它，这一次会完全不同了。”

威尔·莱特是《模拟城市》的作者，同时也是《模拟地球》的共同作者。他三十多岁，书生气十足，无疑是当下最富创意的程序员之一。他喜欢将《模拟》系列游戏称为软件玩具，因为它们实在是难于控制。就是说，你需要摆弄它、琢磨它、试验你的各种不着边际的想法，然后从中进行学习。对于这种游戏来说，无所谓输赢，这就好像你在做园艺的时候也无所谓输赢一样。在莱特眼中，他的这些强大的模拟玩具就像是初生的婴儿向“适应性技术”的漫漫征程迈出的第一步。这些技术并非由某个创造者所设计，也没有人能够对其进行改进或调整，它们会按照自己的步调适应、学习、然后进化。这使权力从使用者手中向被使用者那里转移了一点。

而《模拟城市》的起源，正是沿着威尔自己的道路形成现在这般模样的。1985年，威尔写了一个他称为“一个很傻，我是说非常傻的视频游戏”，名字叫作《突袭笨笨海湾》。这是一款典型的“赶尽杀绝”的射击类游戏，主角是一架直升飞机，它的任务就是将视线之内的所有东西都炸光。

“为了把这个游戏做出来，我必须把被直升飞机轰炸的那些岛都画出来，”威尔回忆说。通常来说，要完成这种任务，艺术家/作者会用颗粒细微的像素细节把这些完全属于想象中的东西做个模型出来。但是威尔却有点烦了。“我没用这种方法，”威尔说，“相反，我写了一个单独的程序，一个小工具。这个小工具能够让我四处游走，很容易就把这些岛给画出来了。另外，我还写了一些代码可以让这些岛自动生成道路。”

有了他的这种可以生成土地和道路的模块之后，整个程序就应该能够自己在模拟世界中填充上土地和道路。威尔回忆道：“最后我终于完成了那个‘赶尽杀绝’的游戏部分，但是出于某种原因，我不断回到这该死的东西里，把公共设施建筑弄得越来越花哨。我想让造路功能实现自动化。我做到了，这样一来，当你为小岛每增加一块相连的部分，造路组件就可以自动地与之联通而形成一条不间断的道路。接着我又打算自动地夷平建筑物，于是我就专为建筑物做了一个小的选择菜单。”

“然后我开始问自己，游戏都已经设计完了，我为什么还要做这些事情？答案是，我发现我从建设这些小岛上所获得的乐趣，要远远超过摧毁它们所能给我的乐趣。很快我就意识到，我是被赋予一个城市以生命给迷住了。一开始我想做的只是一个模拟交通系统。不过接着我就意识到，除非你有能让人开车去的地方，否则这条交通线毫地价值……由此导出一个又一个层级，直到通往一个完整的城市——模拟城市。”

一位《模拟城市》玩家总结了威尔发明这个游戏的顺序。一开始，他建立了一个有陆地和水的位置相对较低的地理基础，为道路交通和电话基础设施提供了支持，而道路交通和电话设施又为定居者的住房提供了支持，这些住房又供养着模拟城市的居民，而后者支持的正是市长。

为了对一个城市的动态规律获得一些感觉，莱特研究了麻省理工学院的杰伊·福瑞斯特在20世纪60年代所做的一个对普通城市的模拟。福瑞斯特把城市生活总结成用数学方程式写成的数量关系。它们基本上是些经验法则：供起一个消防队员需要多少居民；或者，你需要为每辆汽车安排多少停车空间。福瑞斯特把他的研究以《城市动力学》为名出了一本书。这本书影响了一大批有抱负的计算机建模师。福瑞斯特自己的计算机模拟工作是完全数字化的，没有图形界面。他运行模拟程序后得到一大堆打印在横格纸上的数据资料。

威尔·莱特为杰伊·福瑞斯特的那些方程式添加上了血肉，并且赋予它们去中心的、自下向上的实体。城市在计算机屏幕上（按照威尔·莱特这位神祇所设定的规则和理论）自行装配起来。从本质上说，模拟城市就是一个赋予了用户界面的城市理论。同样道理，玩具屋就是关于持家的理论。小说是被当成故事来讲的理论。飞行模拟器则是航空的互动理论。模拟生命就是自己照料自己的生物学理论。

理论把实在之物的复杂模式抽象成某种摹本模式，即模型或者模拟。如果做得好，那么这个小摹本就能把握到更大的整体的某种完整性。比如，爱因斯坦，这个人类天才中最有天赋的人，把宇宙的复杂状态简化为5个符号 [2]。他的理论，或者说模拟，确实有效。——如果做得好，抽象就变为创造。

创造的理由五花八门。但我们所创造的却总是一个世界。我相信我们不可能创造出更少的东西。我们的创造可能匆忙草率，可能支离破碎，可能不值一提，甚至可能只是潜意识的灵光乍现，但我们始终在把自己填充到一个有待完成的世界里。当然我们有时候只是在涂鸦——无论从字面上还是更深层的意义上都可以这么说。但我们随机就能看穿它的本质：毫无理论可循的胡言乱语，不成形的胡说八道。其实，每一个创造行为，不多不少，正是对造物的重演。

## 13.3 一位造访他用多边形创造出来的天地的神祇

几年前，就在我的眼皮底下，一个长着一头蓬乱头发的男人创造出了一个人造世界。那实际上是一个模拟的场景，在这个场景中，一座蕨状穹顶横架在栗色方砖铺就的阿拉伯风格地板之上，与其相伴的是一座高耸入云的红色烟囱。这个世界没有物质形式。两个小时之前，它还只不过是这个男人头脑中幻想出的地狱世界。而现在，它是一个在两台硅谷图形公司 [3] 的计算机上循环流传的梦幻仙境。

这个男人带上了一付神奇的目镜，然后爬进了他的这个拟境之中。我也跟在后面爬了进去。

就我所知，1989年夏天这次对一个人的梦境的造访，是第一次有人创造出即时幻想，并邀请他人一同分享。

这个男人就是杰伦·拉尼尔 [4]，一个圆滚滚的家伙，扎着一捆牙买加拉斯特法里教式的长发辮，咯咯笑的时候有些滑稽，总是让我想起芝麻街的那个大鸟先生。他对在梦想世界里进进出出的事情满不在乎，说起这次旅行时的口吻就像某个研究“对方”多年的人一样。杰伦公司办公室的四面墙上展示着过去那些试验用的魔法目镜和手套，这些都已经都是化石级的古董了。一些常见的计算机硬件和软件装置堆满了实验室的剩余空间，包括烙铁、软盘、苏打罐，以及缠绕着各种线缆和插头而又到处是破洞的紧身服。

美国宇航局等机构早在几年前就开始研发这种生成可造访的世界的技术了。许多人都已进入过无实体的想象世界。这些都是一些为研究而存在的世界。而杰伦通过边做边摸索，发明了一种费用低廉的系统，其运行效果甚至比那些学院装置还要好，并且他所建立的是一个极不科学的“狂野世界”。杰伦为他的研究成果起了个响亮的名字：虚拟现实。

要想能进入到虚拟现实中去，参观者需要穿上一套连有许多线缆、可以监控主要身体运动的制服。这套行头还包括一个能够传达头部运动信号的面具。面具里面有两个小型彩色显示器，通过这两个显示器，参与者就能够获得立体现实的观感。从面具后面看出去，参观者宛如置身于一个三维虚拟现实之中。

绝大多数读者对“计算机生成现实”的概念其实并不陌生。因为在杰伦这次演示之后的几年中，虚拟现实的日常化前景已经成为杂志和电视新闻专题的常用素材。这种超现实性被一再强调，最终《华尔街日报》用“电子迷幻药”这个大标题来形容虚拟现实。

我必须承认，当第一次看到杰伦消失在他的世界中时，“迷幻药”这个词正是我当时的感觉。我和几个朋友站在边上，看着这位29岁的公司创始人面带电气化呼吸器面罩，在地板上摇摇晃晃地慢慢走着，大张着嘴，一副目瞪口呆的样子。他将身体扭成一个新姿势，一只手推着空气，却什么也没抓到。在探索他这个新铸就的世界时，他像一个熟悉慢动作的人一样，将身子从一种扭曲状态变换到另外一种扭曲状态。他小心翼翼地爬过地毯，不时停下来审视眼前空气中某个别人看不见的奇观。看着他干这些事感觉有些诡异。他的动作遵循着某种遥远的内在逻辑，一种完全不同的现实。而杰伦则会间或发出一声欢叫，打破周围的平静。

“嘿！这个石灰石底座下面是空的！你可以爬进去，看到红宝石的底部！”他兴奋地高声叫道。底座是杰伦自己创建的，顶端装饰着红色的宝石，但是杰伦在设计它的时候却没有花心思考虑这些红宝石的底面是什么样的。一个完整的世界对于人脑来说太复杂了。模拟世界则能够演示出这些复杂性。杰伦不停地报告他这个“神”在自己所创造的世界中没有预见到的各种细节。杰伦的虚拟世界和其他的仿真一样：要想预测到底会发生什么，唯一的办法就是运行它。

仿真并不是什么新鲜事。置身于其中也是一样。玩具世界早在很久之前就由人类创造出来，它甚至可以被看成是人类出现的一个标志性征兆，因为考古学家们往往把墓葬中的玩具和游戏视为人类文化的证据。毫无疑问，制作玩具的强烈愿望在个体发展的早期就出现了。儿童们沉浸在他们自己的微型人造世界里。洋娃娃和小火车在严格意义上说就属于仿真的微观世界。我们文化中很多伟大的艺术作品也是如此：波斯的微型画艺术，现实主义的彩色风景画，日本的茶园，也许还要算上所有的小说和戏剧。这些微小的世界啊。

不过，在计算机时代——或者说，在仿真时代，我们在更大的带宽上创造着这些微小世界，并且使其有更多的互动和更深入的体现。我们已经从静止的小塑像演进到动态的“模拟城市”。有些仿真，譬如迪斯尼乐园，已经不再是那么小了。

事实上，只要给它能量、给它可能的行为以及成长的空间，任何东西都可以成为某种仿真。我们所身处的文化，可以仿真出上百万种物品，所需的只是一点点智能和电力。电话交换机中听到的接线员声音是仿真的，广告片中汽车变成了老虎，假树和能动的机器鳄鱼在一起就变成了休闲乐园里的模拟丛林。我们对此已经熟视无睹。

在20世纪70年代早期，意大利的小说家安伯托·艾柯<sup>[5]</sup>曾经驾车周游美国，尽其所能去观察路边那些属于底层的有吸引力的东西。艾柯是个符号学家，专门解读那些不起眼的符号。他发现美国到处传播着介于仿真和某种现实之间的微妙消息。比如，可口可乐作为这个国家的标志，在广告中标榜自己为“真实的东西”。蜡像馆则是艾柯最喜欢的教科书。在圣殿般的天鹅绒布幔和轻柔的解说声衬托下，它们越是俗不可耐，效果就越好。艾柯发现蜡像馆里尽是真人（穿比基尼的碧姬·芭铎）和虚构人物（站在战车上的宾虚）的精美复制品。不管是历史还是传说，都得到了写实主义者入木三分的精妙刻画。这样一来，真实与虚构之间便没有了界限。造型艺术家们不遗余力地用极致



的现实主义来渲染那些并不真实存在的人物。镜子也将一个房间的人物形象映射到另一个房间中，进一步模糊了真实和虚构之间的差别。穿梭于旧金山和洛杉矶之间，光是列奥纳多·达芬奇的名作《最后的晚餐》，艾柯就看到了7个蜡像版本。而每一个版本，每一个“看完之后就让人有重生之感”的蜡像，都竭尽全力要在忠实还原这副虚构的油画上超过其他版本。

艾柯写道，他踏上了一段“超真实旅程，以寻找一些实例。在这些实例中，美国人的想象力需要真实的存在作为载体，而为此又必须打造绝对的虚构”。艾柯将这种绝对虚构的现实称为超真实 [6]。在超真实中，正如艾柯所写，“绝对的虚构被作为真实存在而呈现出来。”

事实上，完美的仿真和计算机玩具世界就是超真实作品。它们虚构得如此彻底，以至于最后作为一个整体具有了某种真实性。

法国流行文化哲学家让·鲍德里亚用下面这两段紧紧缠绕的话作为他那本小册子《仿真》的开场白：

如果我们可以把博尔赫斯 [7] 的故事视作对仿真最绝妙的讽喻的话（在这个故事中，帝国的地图绘制师们绘制了一幅极其详尽的地图，与帝国的领地分毫不差。但随之帝国的衰败也见证着这幅地图逐渐变得破损，最后完全毁掉，只剩下几缕残丝在沙漠中依稀可辨……），那么对我们今天来说，这个寓言恰好走了一个完整的轮回。

在今天，所谓抽象已经不再仅限于地图、双生、镜像或者概念。而所谓仿真，也不再仅限于领地、参照物或实体。这是一个由没有起源或真实存在的真实作为模型的时代：一个超真实时代。领地不再先于地图而存在，也不会比地图存在得更久远。自今而起，反而是地图先于领地——拟像在先，是地图生成了领地。如果今天要重温前面那个寓言的话，将会是领地的碎片随着地图而逐渐残



破。是真实而非地图，其残迹在各处幸存下来——在不再属于帝国版图而是属于我们自己的沙漠里——一个真实的沙漠。

在这片真实的沙漠里，我们忙着建造超真实的天堂。我们所参照的是模型（那张地图）。《人工生命》（*Artificial Life*，1991）一书正是为了庆祝这样一个时代的到来，在这个时代里，仿真极大丰富，以至于我们不得不将其视为鲜活的。作者斯蒂芬·列维在书中对布希亚的观点做了重新表述：“彼地图非彼领地；地图即领地。”

然而，这片拟像的领地其实是一片空白。这种绝对的虚构是如此明显，以至于它对我们来说仍是不可见的。我们还没有分类方法来区分仿真之间细微而重要的差别。“拟像”这个词往往伴随着一长串含义相近的同义词：仿制品、假冒品、伪造品、仿品、人造品、次品、仿真幻象、镜像、复制品、错觉、伪装、矫饰、模仿、假象、假装、模拟像、角色扮演、幻影、阴影、虚情假意、面具、伪装、替代品、代用品、杜撰、拙劣的模仿、效仿、虚言、骗子、谎言。拟像这个词承载了沉重的命运。

以激进哲学家组成的古希腊伊壁鸠鲁学派曾推断出原子的存在，而且还对于视觉持有一种不同寻常的理论。他们认为每一个物体都释放出某种“幻象”。相同的概念在拉丁文中被叫作“拟像”。卢克莱修这位罗马伊壁鸠鲁主义者认为，你可以把“拟像”看成是“事物的镜像，某种从事物对象表面被永久性地剥离下来的外皮，在空中飞来飞去”。

这些拟像是有形的而又虚无缥缈的东西。看不见的拟像从某个物体上散发出来，刺射到眼睛从而产生视觉。一个东西在镜子中所形成的映像就证明了拟像的存在：如果不是这样的话，怎么会有两个物体（完全相同），而其中一个还是透明的呢？伊壁鸠鲁学派坚信，拟像可以在人们熟睡时经由他们身体上的毛孔进入他们的感官，也由此产

生梦境中的幻像（镜像）。艺术和绘画捕捉原来那些物体所放射出的幻像，就像粘蝇纸捕捉小虫子一样。

所以，从这个意义上说，拟像其实是一个衍生性实体，次于原始起源，是一种与原版平行存在的镜像，或者用现代的词来说，是一种虚拟现实。

在罗马语中，“拟像”（*simulacrum*）是用来指代那种被鬼魂或者精灵激活的塑像或者图像。1382年，当第一本英语圣经问世时，需要一个词来描述那些被我们奉为神明、栩栩如生而又时而窃窃私语的塑像，“拟像”的希腊语祖先“神像”（*idol*）一词借机进入了英语。

这些古代神庙的机器人中有些还设计得颇为精妙。它们有活动的头部和四肢，还有一些能把声音从身后传到前面来的管道。古人比我们所以为的要成熟得多。没有人把这些神像当作它们所代表的真神。不过另一方面，也没有人忽视这些神像的存在。神像真的在动、在说话；它有其自己的行为。从这个意义上说，这些神像既非真，也并不假——它们是真实的幻像。用艾柯的说法，它们是超真实，就跟墨菲·布朗这个电视上的虚构人物一样，被当作某种真实。

事实上，我们这些后现代都市人每天都有大量时间沉浸在这种超真实之中：煲电话、看电视、用电脑、听广播。我们给予它们极高的重视。不信？你可以试试在吃饭时一句不提从电视或者其他媒体上获知的消息！拟像已经成了我们生活于其中的地域。绝大多数情况下，这种超真实对我们来说是真实的。我们可以轻易地进入和离开超真实。

在完成第一个即时世界的几个月后，杰伦·拉尼尔又搭建了一个超真实场景。在他完工后不久，我就进入了这个神像和拟像的世界。这个人造现实包括一个直径约一个街区那么大的环形铁轨和一个齐胸高的火车头。地面是粉红色的，火车是浅灰色的。还有其他一些东西，

东一块西一块的，就像无数散落的玩具。那列呜呜叫的小火车还有其他玩具都是由多面体堆砌起来的，没有什么优美曲线可言。色彩是单一的，鲜亮的。当我转头的时候，画面转换变得磕磕巴巴的。阴影部分非常鲜明。天空就是一片空荡荡的深蓝，没有丝毫距离和空间感。我有一种变成了动画城里的卡通人物的感觉。

一个用微小的多边形色块勾勒出来的戴着手套的手漂在我眼前。那是我的手。我动了动这个没有实体的东西。当我用精神意志把这个手想成一个点时，我就开始沿着我的手指所指的方向飞行。我朝小火车引擎飞去，坐在它上面或者漂在它上面，我也分不清楚。我伸出我那只漂浮在空中的手，猛拉了一下火车上的一个拉杆。火车就开始绕圈运行了，我可以看到粉红色的风景从我身边掠过。不知道什么时候，我在一个倒置的大礼帽边上跳下了火车。我站在那里看小火车吱吱嘎嘎地在环形轨道上自己开着。我弯下腰去抓那个大礼帽，而我的手一碰到它，它就变成了一只白色的兔子。

我听见有人在世界的外面笑出了声，仿如来自天堂的窃笑。这是神开的一个小玩笑。

这个大礼帽的消失是真实的，以一种超真实的方式。那个长得跟火车一样的东西真实地开动了，最终又真实地停了下来。它真实地在绕着圈子开着。当我在飞行的时候，我也实实在在地穿越过了某种意义上的距离。对于某个在这个世界之外看着我的人来说，我就是在一个在一间铺着地毯的办公室里四肢僵硬地来回转圈的人，跟杰伦一样行动怪异。但是在这个世界之内，这些超真实的事件是实实在在地发生过的。换了谁进去，都能证明这一点，对此有双方都认可的证据。在拟像的平行世界里，它们就是现实。

## 13.4 拟像的传送

如果拟像不是如此有用的话，由仿真真实性而引起的不安原本会成为法国和意大利哲学家最合适的学术课题。

在麻省理工学院媒体实验室的娱乐与信息系统小组中，安迪·利普曼正在研发一种能够“由观众驾驭”的电视传输方法。媒体实验室的一个主要研究目标就是允许消费者对信息的呈现进行个性化。利普曼发明了一种以超紧凑形式传送视频的方案，并且可以解压成一千种不同的版本。他传输的不是固定的图像，而是某种拟像。

在其演示版中，利普曼的小组用《我爱露茜》<sup>[8]</sup>中较早一集作为素材，从一组镜头里抽取了露茜客厅的视觉模型。露茜的客厅变成了硬盘上的一个虚拟客厅。这个时候，客厅的任何一个部分都可以尽显无疑。利普曼接着用一台电脑把露茜的移动形象从背景场景中移除。当他要传输整个一集时，他会传输出两套不同的数据：作为虚拟模型的背景数据，和露茜的移动图像影片。观众的电脑把露茜的角色移动和由虚拟模型所生成的背景重新组合起来。这样一来，利普曼只需偶尔传送客厅那组数据，而不用像平常那样连续不断地传送数据；只有当场景或灯光发生变化时才进行更新。利普曼说：“可以想见，我们能把一部电视连续剧的所有背景场景数据都储存到一张光盘的开头部分，而重构25集所需的各种动作和镜头移动可以放到剩下的磁盘空间中。”

媒体实验室主任尼古拉斯·尼格洛庞帝把这种方法称为“模型而非内容的传输，内容是接受者从模型中演绎出来的东西”。从《我爱露茜》这次实验中他看到了未来，到那时整个场景、人物和一切东西都被做成拟像的模型，然后再传送出去。届时的节目中不再是播放一个球的一张二维图片，而是发送这个球的一个拟像。播放设备说：“这有一个球的拟像：呈亮蓝色，直径50厘米，沿着这个方向以这个速度运动。”接受装置则回答说：“唔，好的，一个跳跃的球体的拟像。好

的，我看见它了。”然后以移动的全息图方式显示出跳动着的篮球。然后家庭观众可以从他希望的任何角度来直观地考察这个球。

举一个商业上的例子，尼葛洛庞帝建议在客厅里播放橄榄球赛的全息图像。体育台并非仅仅传送比赛的二维图像，而是传送比赛的一个拟像：体育场、球员以及比赛都被抽象成一个模型，这个模型被压缩成可传送的大小。家里的接受器再把模型解压成可视的形式。这样一来，抱着啤酒的球迷们就可以在球员突破、过人、大脚长传时看到他们的三维动态幻影。他可以随意选择观看视角。而他的孩子们则可以大呼小叫着从球的视角来观看比赛。

除了“打破视频信号按预先打包的帧来传送的传统”，传送拟像的主要目的还是数据压缩。实时全息图像需要天文数字般的比特量。即使用上所有的数据处理技巧，最新式的超级计算机也要花上好几个小时的时间来处理一段几秒钟电视屏幕大小的实时全息图像。在你看到那令人震撼的三维开场画面之前，球赛可能都已经结束了。

建模，发送，然后让接收方来填充细节——还有什么比这更好的压缩复杂性的办法呢？

军方对拟像也显示出强烈的兴趣。

## 13.5 数字之战

1991年春天，美国第二装甲骑兵团上尉麦克马斯特走过一片静谧的沙漠战场。沙漠上布满了碎石，如同一个月前他刚来这里时一样安静。而扭曲的伊拉克坦克残骸也保持着几周前他离开时的模样，只是不再燃烧着熊熊的烈火。感谢上帝，他和他的部队都活了下来。但是伊拉克人就没有那么幸运了。一个月前，交战双方都不知道他们所进

行的是沙漠风暴行动中的关键战役。形势迅速发展。30天后，这场宿命的交战已经在历史学家那里获得了一个名字：东距73战役 [9]。

现在，在美国后方一些狂热分析师的要求下，麦克马特斯又被召回到了这片不毛之地。五角大楼要求所有军官趁着美国尚能控制这块地盘并且对于战斗的记忆仍未消退时，重新回到“东距73战役”的战场上。军方准备重建起整个战役的三维仿真实现，以便未来军校的任何学员都可以进入并从头经历那场战斗。“一本活的历史书”，他们如此称它。一个战争的拟像。

在伊拉克的这片土地上，真正的士兵们正粗略地勾勒出这场已经过去了一个月的战役。他们尽最大努力回忆当天的激烈战况，按照所能想起的内容来重复自己的行动。有些士兵还提供了日记来帮助重建当时的行动。甚至有几个人还拿出了自己在混乱中拍摄的录像。沙漠中的痕迹为仿真器提供了精确的运动路线。装在坦克上的用三颗卫星来定位的黑匣子，将地面坐标精确到8位有效数字。每一枚发射的导弹都在沙地上留下了一条细细的痕迹，静静地躺在那里。指挥中心有一盘磁带记录了当时从战场发过来的无线电通讯内容。卫星从空中顺序拍摄的照片提供了重要的视图。士兵们在被阳光晒干的场地上来回走着，热烈地争论到底是谁打中了谁。激光和雷达测绘出了该地的数字地形图。当五角大楼的人离去的时候，他们已经掌握了所有需要的信息，足以重建这场史上资料最详尽的战役。

而在后方的仿真中心——位于弗吉尼亚州亚历山大里亚的国防分析研究所的一个部门里，技术人员花了9个月的时间来消化这些过量的信息，用数以千计的片段拼接出一个人工合成的现实。在几个月后，他们让当时驻扎在德国的一支真正的沙漠之旅观摩了这个“游戏”的初期版本。这个拟像已经有血有肉了：士兵们可以坐在坦克仿真器中参加虚拟战斗。他们向技术人员指出需要修订的地方，后者则对模型进行修改。在战役结束一年之后，由麦克马斯特上尉做了最后的检查，

紧接着，重现的“东距73战役”就为军方高层做了首次公演。麦克马斯特简洁而低调地表示，这一拟像能给人一种“驾驭战车亲临那场战役的非常真实的感受”。这个副本中记录了每一辆战车、每一个士兵的运动，记录了每一次交火、每一次阵亡。一位当时远离战场但却曾身经百战的四星上将参加了这场虚拟战斗，当他从仿真器中出来的时候，手臂上汗毛直立。他到底看到了什么呢？

一幅全景画面显示在50英寸电视上，图像分辨率可与最棒的电子游戏相媲美。油烟把天空染得乌黑。灰暗的沙漠地面被近日的雨水打湿，隐入黑色的地平线。坦克那被摧毁的钢青色壳体，喷涌出黄橙色的火舌。火在持续而稳定的风中倾斜飘荡。超过三百辆的车辆——坦克、吉普、油车、水车，甚至还有两辆伊拉克的雪佛兰皮卡——在画面中游荡。黄昏时分，时速40节的夏马沙暴[\[10\]](#)刮起来，形成黄色迷雾，使能见度降至1000米。显示屏上可以看见单个的步兵在行进；还能看到数以百计的伊拉克士兵在意识到这次炮击不是精确制导的空袭之后，从脏兮兮的掩体中迅速爬出来，跳入坦克的场景。直升飞机出场了大概6分钟左右的时间，就被扬起的沙尘赶走了；而固定翼飞机则正在参加伊拉克战线后方纵深处的一场战役。

将军可以选择任意交通工具加入这场战斗，而且能够看到司机所能看到的一切。犹如真正的战斗，每个小丘陵后面都可能隐藏着一辆坦克。视野受到阻碍、那些重要的东西都隐藏起来，什么都看不清，一切都在同一时间发生。不过，在虚拟世界中，你可以骑上每个士兵都梦想拥有的飞毯，在战场之上迅速游走。如果你升到足够的高度，就可以看到神眼所见的天体图一样的图景。真正疯狂的是，你可以进入仿真环境，骑着飞向目标的导弹，发疯似地在天空中划出一道弧线。

这个系统目前还只是一个三维电影。不过，下一步会是这样：未来的军校学员们可以通过在仿真系统中设置假设条件，来与伊拉克的



共和国卫队进行较量。如果伊拉克人有红外夜视装备怎么办？如果他们的导弹射程是现在的一倍，又该怎样？如果他们一开始没有爬出坦克呢？你还能赢吗？

如果没有提出“如果”的能力，这个“东距73战役”的仿真就只不过是一个非常昂贵的引人入胜的纪录片而已。但是，只要赋予仿真系统极小的朝无计划方向运动的权力，它就获得了某种灵魂，从而变成一名强有力的教员。它会在本质上变为某种真实的东西，而不再只是发生于伊拉克某处的一场战役。在调整了参数、装备了不同的军事力量以后，这场仿真战斗在同一地点以同一方式拉开帷幕，但很快就会运行到其自己的未来。那些沉浸在仿真之中的学员们所参与的是一场超真实的战争，一场只有他们知道，也只有他们才能参与的战斗。他们进行的这些战斗，和“东距73战役”的仿真一样真实，也许更为真实，因为这些战事的结局是未知的，正如真正的人生一般。

在日常训练中，美军将部队投入到超真实的战场。世界各地的十几个美军基地联结成名为“仿真网络”（**SIMNET**）的军事系统，那位四星上将正是通过这个系统进入仿真的“东距73战役”的。坦克和战斗机驾驶员就在这仿真的陆空立体战斗中进行对抗。用《国防杂志》（*National Defense*）专栏作家道格拉斯·尼尔姆斯的话来说，**SIMNET**“把地面人员和飞行器从地球这颗行星传送到另一个世界，在那里，他们可以将安全、经费、环境和地理因素抛在脑后进行战斗”。事实上，**SIMNET**中武士们首先侦察的地方，是自己的后院。在田纳西州的诺克斯堡 [\[11\]](#)，80名M1坦克仿真器的乘员驾驶着仿真器穿越令人惊讶的虚拟世界：诺克斯堡的户外战场。这片数百平方英里土地上的每棵树、每座建筑物、每条溪流、每根电线杆以及每条斜坡在被数字化之后，都能在**SIMNET**的三维地貌上展现出来。这个虚拟空间如此之大，极易让人在里面迷路。今天部队也许还驾驶着油腻的真坦克穿越真实的道路，但第二天他们穿越的可能就是仿真世界中的同一个地方了——只是仿真器中嗅不到燃烧的柴油味。部队征服了诺克斯堡

之后，可以通过电脑菜单的选项把自己传送到另外一个地点。被完美地仿真了的地区还有：著名的国家训练场欧文堡，德国的部分乡村，富含石油的海湾国家的数以十万计平方英里的空旷地区，此外，似乎没有理由不把莫斯科市中心也仿真进去。

标准的M1坦克是SIMNET的虚拟地面上最普通的实体。从外面看，M1仿真器从来不会动一动：这是一个巨大的纤维玻璃盒子，外形有点像一个固定在地上的超大垃圾桶。一个四人的驾乘小组，或坐、或蹲、或靠地挤在他们那狭窄的岗位上。仿真器的内室模仿的是M1布满各种器材的内部设置。乘组人员要快速控制数百个复制的表盘和开关，同时还要密切注意监视器。驾驶员发动坦克仿真器时，它会轰鸣、呻吟和颤抖，就和驾驶真的坦克一样。

8个或更多的这种纤维玻璃大盒子通过电线连接到诺克斯堡那土褐色的仓库中。一台M1可以在SIMNET的地面上对抗其他的M1。长途电话线将遍及世界的300个仿真器联结起来形成一个网络，使得300辆战车可以在同一场虚拟战斗中同时亮相，而不管这些驾乘人员在什么地方——也许有些人在加州的欧文堡，其他人却在德国的格莱芬堡。

为了提高SIMNET的拟真度，军方的程序高手们还设计了一些由人工智能操纵的车辆，这些车辆只需要一个计算机操作员就能轻松地照看过来。把这些“半自动化力量”投入到虚拟战场，这支部队就可以得到超过规模更大、更能发挥作用的有生力量。仿真中心负责人尼尔·柯斯比说：“我们曾经在SIMNET中同时投入1000个实体。一个人在一个操作台上可以控制17辆半自动战车，或者一个连队的坦克。”柯斯比继续解释这种半自动兵力的优点：“比如说，你是国民警卫队的一个上尉。星期六的早上，你和100个士兵守卫着一个军械库。你想带着你的连队抵挡一个500人的营队的攻击。唉，在周六早上的圣地亚哥城，你到哪去找500个人来？不过，有个不错的主意：你可以呼叫SIMNET，找上另外3个人，每个人操作两三个操作台来控制那些攻击你的武装力

量。你发出这样一条信息：今晚21:00在巴拿马数据库碰面，准备行动。你所交谈的对象可能身处德国、巴拿马、堪萨斯或者加州，大家会在同一个虚拟地图上碰面。而你绝对分不清楚这些半自动战车到底是真的，还是只是一些数字复制品。”

柯斯比的意思是你会不会知道它们是真实的仿真还是虚构的仿真（超真实），军方现在才开始重视这一新的特征。真实、虚构和超真实虚构之间那难以察觉的模糊界限可以用来在战争中获得一些优势。海湾战争中的美军颠覆了一个在双方专家那里都颇为流行的观点。传统的观点认为，伊拉克的军队年龄较大，经验较丰富，经受过战争的洗礼；而美军则较年轻，没有经验，是一群整天打游戏看电视的家伙。这个观点倒是没错：据统计，每15个美国驾驶员中只有1个人有过战斗经验；他们中的大多数人都是刚从飞行学校毕业的新人。但是，美国在海湾战争中所取得的那种一边倒的胜利，也不能单纯地解释为伊拉克一方没有斗志。军方内部人士将此归功于模拟训练。一位退伍的上校曾经问过“东距73战役”的指挥官这样一个问题：“你怎么解释你所获得的这种令人瞩目的胜利？你的队伍里没有一个军官或者士兵有任何的战斗经验，可你却在共和国卫队自己的战斗演习场上打败了他们？”这位指挥官答道：“啊，我们有经验。我们曾经在国家训练中心和德国参加过6次完整的仿真战役。这场战斗跟训练没什么区别。”

“东距73战役”的参战人员的经历并非独一无二。参与沙漠风暴行动的美国空军大队，有90%都事先参加过高强度的战斗仿真训练；地面部队的指挥官们也有80%事先参加过高强度的战斗仿真训练。国家训练中心为士兵们精心打造了不同级别的SIMNET仿真设备。国家训练中心跟罗德岛差不多大小，位于加州西面的沙漠地带。中心建有价值1亿美元的高科技光纤和无线网络，可以仿真坦克在真正沙漠中的战斗场景。在扮演主队的对手时，骄傲的美国老兵们会穿着俄罗斯的军服，按照俄罗斯的操典和战斗条例战斗，偶尔还会用俄语来通讯。他们号称不败。受训的美国士兵不仅要对抗按照苏式战术进行演练的假

伊拉克军队，有时候，他们还要仿真特定的战术，直到这些战术成为他们的“第二天性”。比如，针对巴格达的目标所进行的令人震撼的空中袭击计划，美国空军飞行员们就通过仿真装置非常精细地排演了长达一个月之久。结果，在第一天夜里，600架盟军战斗机中只有一架没能返航。海湾步兵旅的指挥官罗·克恩上校对电子工程杂志《IEEE综览》（*IEEE Spectrum*）说：“几乎每个跟我聊过的指挥官都会说，他们在伊拉克遇到的战斗状况其难度比不上国家训练中心的训练难度。”

军方正在探索的是一种所谓的“嵌入式训练”——一种难分真假的仿真训练。对于现代的坦克炮手或者战斗机驾驶员来说，让他们相信从SIMNET仿真器中获得的战斗经验比从伊拉克战争中获得的更多，并非什么信仰上的跳跃。一个真正坦克中的真正炮手，塞进一个价值数百万美元的钢铁舱室内的小洞里。他的周围全都是各种电子设备和仪表盘以及液晶读数屏。他跟外界战场之间的唯一通道就是眼前这个小小的电视监视器，可以像潜望镜那样用手来旋转。而他跟同僚之间的联系也要通过耳麦进行。这实际上跟操纵一个仿真装置一般无二。而他获知的一切——仪表盘上的读数和监视器上的图像，甚至他发射的导弹所造成的爆炸，都能被计算机渲染出来。那么，监视器上那一英寸高的坦克是真是假，又有什么关系呢？

对于参加了“东距73战役”的战斗人员来说，所谓仿真其实是一种三位一体的东西。首先，士兵进行的是一场仿真战斗。其次，战斗是真正通过监视器和传感器来实现的。最后，战斗仿真的是历史。也许有一天，他们也无法说清其中的区别。

在一次由北约资助的“嵌入式训练”会议上，有人提出了对这一问题的焦虑和不安。仿真与训练研究所[\[12\]](#)的迈克尔·摩歇尔的回忆道，有人还在会上念了奥森·斯科特·卡德[\[13\]](#)写于1985年的著名科幻小说《安德的游戏》（*Ender's Game*）中的精彩片段。卡德最开始是一个电子会议系统的虚拟空间中为那些津津乐道于在线生活的超真实面的

读者写这本小说的。在小说中，一群男孩自幼就接受成为将军的训练。他们在一个失重的空间站里一刻不停的进行各种战术和战略游戏。训练的最终阶段是非常真实的电脑战争游戏。最后，最杰出的玩家、天生的领袖安德带着他的队友在一个大型的、复杂的战争游戏中对抗他们的成年导师。不过，他们不知道的是，他们的导师切换了系统的输入，这些任天堂小子不再是玩游戏，而是指挥真正的星际战舰（里面搭载的都是真人）对抗入侵太阳系的真正异形。最后这些孩子炸掉了异形的星球而赢得了战争的胜利。在此之后，他们被告知真相：他们所完成的并不仅仅是一次训练。

这种在真实和虚拟之间的切换也可以用在其他地方。既然仿真的坦克演习和实战之间区别甚微，为什么不用仿真演习来进行真正的战争呢？如果你能在堪萨斯州驾驶坦克穿越仿真的伊拉克，为什么不从同样安全的地方驾驶坦克穿越真正的伊拉克呢？这一梦想与五角大楼那种将美国伤亡降至最低的最高指令不谋而合，因而在军方中广为流传。一种由身处后方基地的“远程临场”（Telepresent）司机驾驶的无人巡逻吉普原型，已经在真正的道路上行驶了。这些机械士兵仍然“需要有人来同舟共济”，却不会对人有什么伤害，因而得到军方的青睐。在最近的海湾战争中，无人却仍由人操纵的飞机发挥了巨大作用。想象一架装有视频摄像头和计算机的巨大模型飞机。这些远程引导的飞机接收来自沙特阿拉伯基地的驾驶指令，盘旋在敌方上空，完成侦察或传递命令等任务。而在后方，则是一个投入到仿真中的人类。

军方的这种愿景很宏大，却进展缓慢。价格低廉的智能芯片的迅猛发展超出了五角大楼的预判。据我所了解，到1992年为止，军方的仿真和战争游戏比普通老百姓所玩的商业游戏强不了多少。

## 13.6 无缝分布的军队

乔丹·魏斯曼和他的好友罗斯·拜伯科克是“美国商船学院”<sup>[14]</sup>的海军士官生，同时也是玩《龙与地下城》这款梦幻游戏的高手。一次出海，他们瞥到一个超级油轮舰桥仿真器，那是一整面墙的监视器，可以色彩逼真地模拟一条穿过全球50个港口的路线。他们想玩这个东西想得要死。对不起，这可不是什么玩具，长官这样跟他们说。可那就是一个玩具，他俩很清楚这点。于是他们决定自己做一个这样的东西——一个能够让别人也进入的秘密梦幻世界。他们所用的材料包括胶合板、从Radio Shack店<sup>[15]</sup>里搜罗来的电子器件，还有一些自制的软件。另外他们还要收入场费。

1990年，魏斯曼和拜伯科克推出了《暴战机甲兵》。用从角色扮演类游戏中所获得的丰厚利润为资金，他们在自己位于芝加哥市中心北码头地段一家购物中心的游戏场里建造了价值250万美金的游戏中心，全天营业。（在获得沃尔特·迪斯尼的孙子蒂姆·迪斯尼的新投资之后，其他游戏中心迅速在全国各地开张。）当我在电话里问如何去那儿时，接听员说：“哪儿声大往哪儿走就对了。”一群吵吵闹闹的十几岁孩子逗留在星际战舰风格的店面前；印有“无胆不英雄”字样的T恤挂在那里售卖。

《暴战机甲兵》和SIMNET之间有不可思议的相似之处：12个拥挤的箱体固定在水泥地上，接入电网。箱体的外面涂写着不知所云的标语（“当心爆炸！”），颇具未来主义风格；内里则塞满了眼花缭乱的“开关装置”——旋钮、仪表、闪光灯。一个滑动座椅，两个电脑屏幕，一个用来和队友联络的麦克风，还有几个控制开关。你用脚踏板来驾驶（跟在坦克上一样），踩油门来加速，用操纵杆来开火。哨声一响，游戏就闪亮开场了。你沉浸在一片红土沙漠世界中，追击其他的长腿坦克（就是《星球大战——绝地反击》中的场景），同时也被别人追。游戏规则和战争一样简单：杀戮或者被杀戮。开着坦克穿过这种红色沙漠是件很酷的事情。其他在这个仿真世界中狂奔的“机甲”是由另外11个蜷在彼此相邻的箱子里的玩家操纵的。其中有一半的



人应该是你那头的，不过当打到白热化的时候，就很难分清楚谁是谁了。在显示器上能够看到我的队友的名字：大兵，鼠人，成吉思。显然我在他们的显示器上就只是“凯文”而已，因为我在开始之前忘了起“绰号”了。我们都属于那种早早就被别人弄死的新手。可是，我是来采访的记者。他们又是什么人？

根据密西根州立大学对狂热游戏迷的一项研究，他们主要是二十多岁的未婚男性。这份报告调查了那些至少玩过200局（每局要花6美元！）的老鸟。事实上，有些高手就吃住在《暴战机甲兵》中心，以此为家。我跟一些玩了上千局游戏的人聊了聊。据这些《暴战机甲兵》的高手们说，单是习惯驱动那些装置和使用基本武器进行攻击，就要玩上5局左右才行，再玩50局，你才能掌握和别人配合的技术。事实上，团队合作是这个游戏的要点所在。这些高手们把暴战机甲兵视为一个“社会契约”。对于这些高手们（除了一个之外都是男性）来说，他们认为，无论新的网络虚拟世界出现在哪里，总会有特殊的人类群体出现并生活在其中。当被问及是什么迫使他们一次次回到《暴战机甲兵》的仿真世界时，这些高手们提到了“其他人”，“能够找到够格的对手”，“名声和荣誉”，“配合默契的队友”。

调查询问了47位狂热玩家，问他们《暴战机甲兵》需要做什么样的改进。只有两个人回答说应该在“提高真实度”上下功夫，而大多数人则希望游戏价格更低，软件故障更少，以及更多些同类的东西（更多的机甲、更多的地形、更多的导弹）。他们最希望的是这个仿真世界里有更多的玩家。

这是网络的呼声。不断增加新玩家。他们的联系越多，我的联系就变得越有价值。这显示出这些上瘾的玩家已经意识到，增加网络的丰满度比提高环境的分辨率更能获得“真实感”。所谓真实，首先指的是共同进化的动力，其次才是什么600万像素。



量变导致质变，更多就会变得不同。从第一粒沙开始不断地增加沙子的粒数，你会得到一个沙丘，而它和单个沙粒是完全不同的。在一个游戏网络中不断增加玩家的人数的话，你得到的是.....什么呢？是某种完全不同的.....分布式存在，一个虚拟世界，一个蜂群思维，一个网络社区。

尽管军队那种庞然大物般的身材会压制创新，但它巨大的规模却可以让军队尝试宏大的计划，而这是那些灵活敏捷的商业企业所做不到的。国防高级研究项目局 [\[16\]](#)——国防部下属的一个在创新方面深受尊敬的研究和开发机构，已经制定了一个雄心勃勃的超越SIMNET的行动计划。它想要的是一个21世纪风格的仿真。当来自该机构的杰克·索普上校为推动这一新的仿真方式而向军方做简要汇报时，他在投影仪上放了几张幻灯片。其中一张写着：仿真，美国的战略技术。而另一张则写着：

先仿真，再建造！

先仿真，再采购！

先仿真，再战斗！

实际上，索普试图向上级军官和军方企业家们推销的关键思想是，通过在流程的每个环节应用仿真技术，他们可以得到性价比更高的武器。换句话说，使用仿真来进行设计，在向它们投钱之前用仿真来进行测试，在玩真家伙之前用仿真训练用户和军官，这样，他们就可以获得战略优势。

“先仿真再建造”已经发展到一定程度了。诺斯洛普公司 [\[17\]](#) 建造B-2隐形轰炸机时就没有用图纸；相反，他们用的是计算机仿真。有些工业专家把B-2称为“有史以来最复杂的仿真系统”。整个计划都被设计成一种计算机拟像，它是如此复杂而精准，以至于诺斯洛普公司在实

际建造这个价值数十亿美金的飞机之前都没费劲建造样机模型。通常来说，一个包括3万个部件的系统必然要求在实际建造过程中对50%的部件进行重新设计。而诺斯洛普公司的“仿真优先”方法则把重新设计的部件比例降到了3%。

波音在对倾转旋翼飞机VS-X [18] 的设计理念进行探讨时，首先在虚拟现实中建造了它。其拟像一建好，波音便把一百多名工程师和员工送到拟像飞机里对其进行评估。说到仿真建造的优势，举一个小例子：在进行评估的时候，波音的工程师发现维修舱里有一个关键的压力计读数很难看清楚，不论机组人员再怎么使劲看也无济于事。结果这个维修舱就被重新设计了，仅此一项就省下数百万美元。

这个精巧的仿真平台代号为ADST [19]，是“高级分布式仿真技术”的古怪缩写。这里的关键词是“分布式”。索普上校所说的分布式仿真技术颇具远见卓识：一种无缝连接的、分布式的军事/工业复合体；一个无缝连接的分布式军队；一场无缝连接的分布式超真实战争。想象一下，一层由光纤组成的薄膜覆盖全球，打开一扇通往实时、宽带、多用户的三维仿真世界之门。任何一个想要接入某场超真实战斗的士兵，或者任何一个想要在虚拟现实中检测其未来产品的国防制造商，都只需通过接入那个被称为“互联网”的巨大的国际空中高速公路就可以达到他们的目的。数以万计的无中心的仿真器都接入到一个单一的虚拟世界；成千上万种仿真器——虚拟吉普、虚拟舰船、戴着电子眼罩的海军、由人工智能生成的影子部队，都汇入到一个无缝的、共有意识的拟像中。

## 13.7 一个万千碎片的超真实

军队是赢家，群氓是输家。独行的兰博终要归于死亡。军队比其他任何人更加懂得，最重要的事情就是如何让团队运转良好。正是团队变群氓为军队，变兰博为士兵。索普上校说得没错：是分布式智能，而不是火力，赢得了战争的胜利。其他一些有远见之士也为未来的公司下了同样的断语。施乐公司帕洛阿托研究中心的主管约翰·西里·布朗说：“下一个突破不是个人接口，而是团队接口。”

如果索普上校的主张能够实现的话，那么美军的四个兵种 [20] 和上百个工业承包商就形成了一个相互联结的超级有机体。位于佛罗里达州奥兰多市的国防仿真中心正在研发名为“分布式仿真互联网”（DSI） [21] 的协议，这是迈向分布式智能和分布式存在的直接步骤。这个标准允许在现存的互联网上将各个独立的仿真对象（这里的一辆坦克，那边的一座建筑）纳入一个统一的仿真之中。事实上，随着足够的部件进入到这个虚拟空间中，并以一种神奇的去中心化的群集方式组装起来时，一个完整的场景就浮现出来。由上万个战争场景所构成的整个超真实就分布在光纤互联网上的许许多多台电脑之中。某个节点也许能提供一座仿真山脉的细节，但对奔流的江河或小溪则一无所知，甚至不知道究竟是否有小溪从山间潺潺流过。

分布式智能是未来的趋势。互联网（它是由国防高级研究项目局开发的，而今已经成为全球性、非军事的应用）上的学生们早已迫不及待了。他们看到了分布式仿真的前景，并且已经在互联网的静谧角落中开始研发他们自己的版本了。

## 13.8 两厢情愿的文字超级有机体

戴维每天有12个小时的时间待在精灵和城堡的地下世界里，当一名神气活现的探险者。他所扮演的角色名字叫作Lotsu。他本来应该去

上课拿个优等成绩的，可他却随波逐流于最新的校园时尚，沉溺在多用户奇幻游戏 [22] 之中。

多用户奇幻游戏是一款运行在由学校和私人电脑构建起来的大型网络中的电子冒险游戏。奇幻游戏的故事场景设置来自于《星际旅行》 [23]、《哈比人历险记》 [24]，或安妮·麦卡夫瑞关于龙骑士和魔法师的畅销小说，玩家们每天都会花上四五个小时流连忘返于这个奇幻世界。

像戴维这样的学生使用学校或者个人的电脑登入互联网。这个巨大的网络现在是由政府、大学以及全世界的私营企业共同资助的，为所有普通的上网者提供补贴。大学为所有想上网的学生提供免费的账户。从波士顿的一间宿舍里登入互联网，学生就可以“驱车”抵达世界上任何一台加入网络的计算机，免费挂在网上，并且想待多久就待多久。

除了能下载些关于基因算法的论文之外，这种虚拟旅行到底还有什么用处呢？如果有另外100个学生也突然出现在同一个虚拟地点，那就太有意思了！你们可以开派对、互相捉弄、玩角色扮演、搞阴谋，或者，一起琢磨如何能够建设一个更美好的世界。这些完全可以同时进行。你所需要的只不过是一个多用户的聚会地点，一个可以让大家在线上群集的地方。

1978年，罗伊·杜伯萧编写了一个类似于《龙与地下城》的角色扮演游戏，那会儿正是他在英国艾塞克斯大学读本科的最后一年。第二年他的同班同学理查德·巴图接手这个游戏，扩展了它所能接纳的玩家人数，同时也增加了他们的动作选项。杜伯萧和巴图管这个游戏叫“泥巴”（MUD） [25]，然后把它放到了网上。

“泥巴”非常像经典游戏ZORK [26]，或者其他任何一款自电脑诞生之后便一直流行的文字冒险游戏。在这种游戏中，你的显示器上会出现这样的东西：“你现在正在一个冰冷潮湿的地下城里，一支火光摇曳的火把带来些许光亮。石头的地面上有一个骷髅。一条走道通向北面，另外一条通向南面。污秽的地面上有一个壁炉。”

你的工作就是去探查这个房间和其中的各种东西，最终发现隐藏在与它相连的其他房间迷宫里的宝贝。要想赢得丰厚的奖品，你可能需要在路上收集一小部分财宝和线索。而奖品通常是破解一个咒语、变成一个巫师、杀死一条龙或者逃出地下城。

你的探索是通过在键盘上输入一些文字来进行的，比如“看骷髅”，而计算机则会回应说：“骷髅对你说：‘小心老鼠。’”你再输入：“看壁炉”，计算机则回应道：“这条路一片死寂。”你输入：“往北走”，然后你就通过一个通道走出了这个房间，迈进另一个未知的房间。

“泥巴”和它的很多改良后裔与20世纪70年代的经典冒险游戏非常相似，但是有两个非常突出的改进。首先，“泥巴”可以在地下城里组织起多达100名其他玩家和你一起玩。这是“泥巴”所具有的一种分布式和并发式特征。其他玩家既可以作为绝佳拍档和你并肩战斗，也可以作为邪恶的敌人与你对抗，或者作为凌驾于你之上的反复无常的神，创造奇迹或者咒语。

其次，也是最重要的一点，其他的玩家（以及你自己）可以花功夫去增加房间、改变路径或者发明新的魔法道具。你可以对自己说：“这个地方最好有一座塔，这样长着大胡子的精灵就可以监禁奴役那些粗心的人。”然后你就在这弄一座塔。简单来说，玩家生活在这个世界的同时，还可以建设这个世界。这个游戏的目的就是创造出一个比旧世界更酷的新世界。



于是，“泥巴”成了为两厢情愿的超级有机体显现而准备的并行分布式平台。有人只是为了好玩鼓捣出一个虚拟甲板。后来，别的什么人又加上一个舰桥或者一个轮机舱。结果一会之后你就发现已经用文字把《星际旅行》中的企业号造了出来。在接下来的几个月里，数百名其他玩家（他们本来应该在做他们的微积分作业的）连接到这个平台，又造出大量房间和设备，直到你能够组建起一只配备完整的舰队，进而发展出星球，以及互联的星系。一个星际旅行版的“泥巴”就成型了（互联网上真有这样的地方）。你可以随时登入其中，一天24个小时，在上面跟你的舰队同伴打招呼——他们都各自扮演某个角色，共同执行舰长发出的指令，共同与由另一群玩家建造并控制的敌方战舰作战。

而一个人花在探索和破解“泥巴”世界的时间越多，他从监管着这个世界的统治者那里获得的地位就越高。一个为新手提供帮助的玩家，或者一个担当数据库管理员工作的玩家，可以获得更高的排名和权力，比如可以免费进行远距离传送，或者不受某些普通规则的约束。成为本神或者巫师是每个“泥巴”玩家梦寐以求的目标。神也有好坏之分。理想情况下，神应能促进公平竞争，保障系统的平稳运行，并帮助那些“后进”者。但网上流传的往往是那些暴虐之神的故事。

真实生活中的事件在“泥巴”世界中重现。玩家们会为死去的角色送葬守灵，还曾经有过为虚拟人物和真实人物举办的小型婚礼。真实生活和虚拟生活之间模糊不清的界限，正是“泥巴”吸引人的主要地方之一，尤其对那些正纠结于自我认同的青少年来说更是如此。

在“泥巴”中，你可以自定义身份。当你进入一个房间之后，其他人就会读到一个对你的描述：“朱迪进来了。她是一个身材高挑的黑发瓦肯女性，长着小而尖的耳朵，淡红色的皮肤，很可爱。她走路时有着体操运动员的柔韧性。她绿色的眼睛看起来风情万种。”而这段话的始作俑者，可能是一个满脸粉刺的小女生，或者是个留着大胡子的男

性。在“泥巴”里这种假装女生的男性已泛滥成灾，迫使大多数精明的老手假定所有玩家都是男性，除非经证明她是女性。这就导致了一种对真正的女性玩家的怪诞偏见：后者会不断受到要求“证明”其性别的骚扰。

另外，绝大多数玩家在他们的虚拟生活中都扮演多个角色，就好像他们要去尝试其人格中的多面性一样。“‘泥巴’其实就是一个寻求认同的工场，”艾米·布鲁克曼这样说。他是麻省理工学院的研究人员，研究“泥巴”类游戏中的社会学。“很多玩家都注意到他们在网上的行为方式跟在网下多少有些不同，而这会让他们对自己在真实生活中的人格进行反思。”调情、迷恋、浪漫甚至网上性爱在“泥巴”中比比皆是——就和在真实的校园中一模一样。只是主角不同而已。

雪莉·特克这位有时会把电脑称为“第二自我”的人甚至走得更远。她说：“在‘泥巴’中，自我是多重而且去中心的。”按此理解，一种多重、去中心化的结构作为理解真实生活和健康人格的模型而大行其道也就不足为奇了。

恶作剧在“泥巴”中也很猖獗。某个疯狂的玩家设置了一个隐形“锄头”，如果另外一个玩家（“到访者”）不小心捡起了这个锄头，这东西就会把到访者的四肢全部切除。而这时空间里的其他玩家就会读到这样的信息：“到访者在地上四处打滚，浑身抽搐。”然后，神就会被召唤过来对到访者进行治疗。但是当他们为到访者“看诊”时，也会挨上一锄头，于是每个人就都会读到：“巫师在地上到处打滚，浑身抽搐。”普通物品可以被做成带有任何稀奇古怪功能的整人道具。事实上，在“泥巴”里最好的消遣是做一个看上去很不错的东西，让别人复制它，却又不知道它真正的威力。比如说，当你毫无防备地观看挂在某人墙上的一幅书有“家啊！甜蜜的家啊！”的十字绣时，这东西可能会立即把你强制传送回你的家。（同时闪出几个大字：“啥地方都不如家好。”）



由于绝大多数“泥巴”玩家都是20岁左右的男性，所以在这个世界里往往暴力泛滥。那种除了砍就是杀的世界让所有的人都反感，除了那些皮最厚的。不过，在麻省理工学院运行的一款实验性的“泥巴”却宣布一切杀戮皆为非法，并且汇聚起一大批初、高中孩子拥趸。这个名为赛博城的世界，是个圆柱形的空间站。每天都有大约500个孩子涌到赛博城里乱逛或者不停地造东西。迄今为止，这些孩子已经建造了5万个物品、人物和房间。这里有一座带有多厅电影院（播映孩子们写的文本电影）的购物中心，一个市政厅，一所科学博物馆，一个绿野仙踪主题公园，一个民用电台广播网络，若干亩带有房产的郊区，以及一辆观光巴士。一个机器人地产商四处转悠，跟所有想买房子的人做生意。

赛博城有意不提供地图，因为探险是让人感到兴奋的事情。知不知，为知之。你应该做孩子们做的事情：向其他的孩子打听。该项目在现实中的管理者巴里·科特说：“进入赛博城这样的陌生环境或文化的一大吸引力，就在于它把成年人拉回到跟孩子一样的起跑线上。有些成年人会认为这颠覆了权力的平衡。”赛博城主要的建筑师们年龄都不超过15岁。他们所构造的这片喧嚣和复杂的土地，吓住了那些试图到达某处或盖起某座建筑的独来独往、被过度教育的新移民。正如《旧金山纪事报》专栏作家乔恩·卡罗尔描述他第一次造访这里时的感受：“这个地方——所有那些房间，还有那些跑来跑去的‘玩偶’，让你感觉是被扔到了东京的市中心，而你随身带着的只有一块巧克力糖和一把螺丝刀。”在这里，活下去就是唯一的目标。

孩子们迷路了，接着又找到自己的路，然后又因另一次判断失误而永远迷失下去。由一刻不停的玩“泥巴”而导致的连续不断的通讯流量，可能会让一个计算机中心陷入瘫痪。阿默斯特学院<sup>[27]</sup>就禁止在校园内玩“泥巴”。澳大利亚要靠屈指可数的几条珍贵的卫星数据线和世界其他地方相联，因而在澳洲大陆上禁止一切国际性的“泥巴”。学

生们建造起来的虚拟世界，足以使银行和电讯系统瘫痪。其他机构肯定会随之对无限制的虚拟世界加以禁止。

迄今为止，每一款运行着的“泥巴”（大约有200款）都是由一些狂热的学生在业余时间里写的，没经过任何人的许可。有几款类似“泥巴”的商业在线游戏获得了大量的追随者。这些几乎就是“泥巴”的东西，比如《联邦2》（**Federation 2**），《宝石》（**Gemstone**）和ImagiNation公司的《叶赛博斯》（**Yserbius**）都允许多个用户同时参与游戏，但只授予其有限的改变世界的权力。施乐公司帕洛阿托研究中心正在酝酿一个可以在其公司计算机上运行的实验性“泥巴”。这个代号为“木星计划”的尝试，旨在探索“泥巴”作为商业运行环境的可能性。此外，一个实验性的斯堪的纳维亚 [\[28\]](#) 系统和一个叫作“多用户网络”的创业公司（该公司运行着一个叫作**Kingdom of Drakkar**的游戏）都号称拥有可视化“泥巴”的雏形。能产生商业利润的“泥巴”已经不远了。

22世纪的孩子看到20世纪90年代的任天堂游戏会感到十分奇怪——为什么居然有人费那个劲去玩这种只有一个人能进入其中的仿真游戏。这有点像世界上只有一部电话，你能打给谁呢？

“泥巴”的未来，SIMNET的未来，《模拟城市》的未来，以及虚拟现实的未来，终将归于一统。这种融合在某个点上就会诞生出终极版的上帝游戏。在我的想象中，这是一个广阔的世界，遵从几条精心选择过的规则而运动。居于其间的是无数自治的活物，以及其他人类玩家的拟像。随着时间的推移，角色们一个个登场，彼此交织缠绵在一起。

随着相互关系的不断加深，随着个体们改变并塑造着他们的世界，这个仿真世界也会愈加生机盎然。参与者们——真的、假的、超

真实的，与系统共同进化成一个与其刚开始时完全不同的游戏。于是，神自己戴上魔术眼睛，穿戴整齐，降临到他自己创造的世界中。

天神下凡到他自己创造的世界中是一个古老的话题。斯坦尼斯拉夫·莱姆 [29] 曾经写过一部伟大的科幻经典著作，讲的是一个暴君把他的世界藏在一个盒子里的故事。而另一个类似的故事则要比这个还早上一千年。

## 13.9 放手则赢

按照摩西讲述的故事，在创世的第6天，也就是在那令人激动不已的创世活动的最后时刻，上帝捏起一些黏土，用一种几乎戏谑的态度捏出一个小模型，把他放到自己所创造的新世界里。这个上帝，耶和华，是一个无法形容的全能的创造者。他仅仅是说出自己所想的，就能创造出他的世界。其他的造物工作只需在他的脑子里就可以完成，但这个部分却要花点工夫。这个最终用手制成的模型——这个眨着眼的、不知所措的东西，这个耶和华称之为“男人”的东西，理应比上帝在那一周里所创造出来的其他造物要强上那么一点点。

这将是一个模仿伟大的耶和华自己的模型。从控制论的角度看，这个“男人”是耶和华自己的拟像。

因为耶和华是一个创造者，所以这个模型也能模仿他的创造性进行创造。因为耶和华有自由意志，有爱，所以这个反映了他的模型也会拥有自由意志，有爱。就这样，耶和华赋予了这个模型一种真正的创造性，那种他自己拥有的创造性。

自由意志和创造性带来一个开放而无限的世界。任何事情都可以想象，任何事情都可能实现。这就意味着，人这种东西，既可能创

造令人痛恨之物，又可能创造为人所爱之事。（虽然耶和华在创世之初试图教给他一种辨别善恶的能力。）

既然耶和华已经跳出三界外，不在五行中，那么，制造一个他自己的模型却又要求这个模型只能在受限的时间、空间和物质中活动就不是一件容易的事情。更何况，模型总是不完美的。

为了继承摩西的事业，耶和华的人形物已经在创造这个行当里转悠了上千年，足以理解生命、存在和变化的内涵。一些大胆的人形物还抱着一个挥之不去的梦想：做耶和华曾经做过的事，也做一个自己的模型——一个拟像，一个从他们自己手里诞生的东西，一个像耶和华和他们自己一样能够自由创新的东西。

现在，耶和华的一些造物们已经开始从地球上收集矿物来建造他们自己的模型。和耶和华一样，他们也为自己的造物起了个名字。但是，由于对人形物的巴别塔诅咒 [\[30\]](#)，这个东西有很多种称呼：自动机、机器人、魔像、人形机器人、雏型人、拟像。

他们所创造的拟像各不相同。有些种类，比如电脑病毒，更像是灵魂而不是实体；另一些拟像则存在于另一个空间——虚拟空间；还有些拟像，比如那些在SIMNET中昂首挺胸的拟像，则是现实与超真实之间的令人恐怖的结合。

而其余的人形物则困惑于这些模型建造者的梦想。某些好奇的旁观者会欢呼：重现耶和华那无可比拟的创造活动是多么宏伟啊！另外一些人则纠结于对人性的思辩。好问题！创造我们自己的拟像，是否是以一种纯粹的顶礼膜拜来完成耶和华的创世？抑或它是以一种最愚蠢的胆大妄为开启了人类的灭亡？

模型建立自己的模型，这到底是虔诚还是亵渎？

有一件事是确切无疑的：建造自己的模型绝不是什么轻而易举的事情。

人形物还应该知道：他们的模型同样不可能是完美的。这些不完美的造物也不可能被置于“神”的控制之下。要想真正创造出具有创造性的造物，创造者必须把控制权交给被创造者，就好像耶和华把控制权让渡到人类手里一样。

要想成为上帝，至少是有创造性的上帝，你就必须放弃控制，拥抱不确定性。绝对的控制也就是绝对的无趣。要想诞生出新的、出乎意料的、真正不同的东西——也就是真正让自己惊讶的东西，你就必须放弃自己主宰一切的王位，让位于那些底层的群氓。

这个神之游戏中一个巨大的吊诡就在于：要想赢，先放手。

---

[1] 美国艺电公司（Electronic Arts, Inc.）：世界著名的视频游戏开发商。代表作包括“命令与征服”系列、“极速快感”、“模拟城市”系列等。

[2] 这里应该是指爱因斯坦提出的质能方程： $E=mc^2$ 。

[3] 硅谷图形公司（Silicon Graphics），美国一家生产图形显示终端的计算机公司，2006年3月申请破产保护。

[4] 杰伦·拉尼尔（Jaron Lanier, 1960.03~）：虚拟现实的开创者。他在20世纪80年代初首先提出并推广了“虚拟现实”这个名词。

[5] 安伯托·艾柯（Umberto Eco），1932年生于意大利，目前住在米兰，任教于波洛尼亚大学。艾柯身兼哲学家、历史学家、文学评论家和美学家等多种身分，更是全球最知名的符号语言学权威。

[6] 超真实（hyperreality）：多翻译为“超现实”。但超现实在艺术中有其特指，而且有专门的英文词对应。

[7] 博尔赫斯（Jorge Luis Borges, 1899~1986）：阿根廷诗人、小说家兼翻译家，拉丁文学重要的代表人物。

[8] 《我爱露茜》（I Love Lucy）：美国最经典的电视系列剧，播出于20世纪50年代。直到今天仍在不断地重播。

[9] 东距73战役（Battle of 73 Easting）：1991年海湾战争期间一场决定性的坦克遭遇战。是役，兵力处于劣势的美军装甲部队骑兵团击败了伊拉克的精锐部队。东距73是按某种坐标



定位体系在伊拉克沙漠中划出的一条南北线。

[10] 夏马沙暴（Shamal Sandstorm）：夏马是中亚或波斯湾一带的一种寒冷的西北风。由夏马风引起的沙暴称为夏马沙暴。

[11] 诺克斯堡（Fort Knox）：是美国陆军的一处基地，位于肯塔基州布利特县、哈丁县和米德县境内。美国陆军装甲中心、美国陆军装甲学校、美国陆军征兵司令部、美国金库和乔治·巴顿将军纪念馆等机构均位于该地。

[12] 仿真与训练研究所：Institute for Simulation and Training

[13] 奥森·斯科特·卡德（Orson Scott Card）：当今美国科幻界最炙手可热的人物之一。在科幻史上，从来没有人在两年内连续两次将“雨果”和“星云”两大科幻奖尽收囊中，直到卡德横空出世。1986年，他的《安德的游戏》囊括雨果奖、星云奖；1987年，其续集《死者代言人》再次包揽了这两个世界科幻文学的最高奖项。卡德生于华盛顿州里奇兰，在犹他州长大，分别在杨百翰大学和犹他大学取得学位，目前定居于北卡罗莱纳州。

[14] 美国商船学院：Merchant Marine Academy

[15] Radio Shack：美国很有名的一家老牌电器连锁店，创办于1921年。

[16] 国防高级研究项目局：DARPA，全称为Defense Advanced Research Projects Agency，互联网的前身就是由该机构研究开发的。

[17] 诺斯洛普公司（Northrop）：美国主要飞机制造商之一。

[18] 倾转旋翼飞机：是一种将固定翼飞机和直升机特点融为一体的新型飞行器。

[19] ADST：Advanced Distributed Simulation Technology

[20] 美军的四个兵种：为陆军、海军、空军和海军陆战队。

[21] 分布式仿真互联网（DSI）：Distributed Simulation Internet

[22] 多用户奇幻游戏：Multiuser Fantasy Game

[23] 《星级旅行》（Star Trek）：是一部在文化上有重大意义的科幻电视剧集，拍摄于1960年代。《电视指南》（TV Guide）将它评为“史上25大人文剧集”的第一名，之后更陆续制播了5部衍生电视剧集和11部电影。最近的一部同名电影《星际迷航》（英文名仍为Star Trek）于2009年公映，票房高居当年的全球第8位和全美第5位。《吉尼斯世界记录》将它列为有最多衍生作品的项目。

[24] 《霍比特人》（The Hobbit）：1937年出版，原本是托尔金为儿子所写的一部童话，后延伸出《魔戒》和其后的故事。托尔金也因此而一举成名。

[25] MUD：是Multi-User Dungeon或Multi-User Dimension或Multi-User Dialogue的缩写，直译成中文为“多人参与历险游戏”。由于其英文缩写与“泥巴”一词相同，因此中文也把这类游戏称为“泥巴”。1995年左右，玩“泥巴”在中国校园里掀起一股热潮，风头一时无两。

[26] 魔域（Zork）：是最早的文字冒险游戏之一，由4名麻省理工学院动态建模小组的成员编写于1977年到1979年间。“Zork”是一个技术行话，表示“未完成的工作”。

[27] 阿莫斯特学院（College of Amherst）：美国著名的私立文科学院，成立于1821年，座落在马萨诸塞州。

[28] 斯堪的纳维亚（Scandinavia）：地理上指斯堪的纳维亚半岛，包括挪威和瑞典，文化和政治上也包括丹麦。

[29] 斯坦尼斯拉夫·莱姆（Stanislaw Lem，1921.09.12～2006.03.27）：波兰科幻小说家，代表作为1961年出版的《索拉力星》（Solaris）。

[30] 巴别塔：《圣经·旧约·创世记》第11章讲述，人类曾联合起来建造通往天堂的高塔。为了阻止人类的计划，上帝让人类说不同的语言，使人类相互之间不能沟通，计划因此失败，人类从此各奔东西。



## 第十四章 在形式的图书馆中

### 14.1 “大千”图书馆之旅

去往大学图书馆三楼小说区的路径蜿蜒曲折，两旁的书架上沉睡成千上万本图书。这些书可曾有人读过？图书馆后部的走道上，读者们必须打开昏暗的荧光灯。我在世界文学区搜寻着阿根廷作家豪尔赫·路易斯·博尔赫斯的著作。

我发现博尔赫斯写的书或关于他的书挤满了整整三个书架。博尔赫斯的小说以超现实主义而闻名。它们虚幻得如此天衣无缝，以至于看起来像真的一样；它们是超真实文学。有些是用西班牙语写的，有些是传记，有些是诗集，有些是他的随笔小品选，有些是书架上其他书的副本，有些是对他的随笔中注释的再注释。

我的手滑过书脊，厚的、薄的、小册的、大部头的、旧的、新装订的。我一时兴起抽出一本破旧的栗木封皮书打开。这是一本博尔赫斯80多岁时接受专访的选集。这些专访是用英语进行的，而博尔赫斯的英语雅致得体，胜过多数以英语为母语者。我惊讶地发现最后24页有一篇对博尔赫斯的专访，是关于他的迷宫著作的，访谈的内容我原本以为只会出现在我的书中——这本《失控》里。

访谈从我的提问开始：

我：我读过你一篇关于书籍迷宫的文章。那个图书馆<sup>[1]</sup>囊括了所有可能有过的书。显然这么个图书馆是作为一个文学隐喻构想出来

的，但是这样一个图书馆现在也出现在科学思想中。你能给我讲讲这个书籍殿堂的起源吗？

博尔赫斯：“大千”<sup>[2]</sup>（有人这样称呼这座图书馆），是由数目不定、或许是无限多的六边形回廊组成，回廊之间以巨大的通风井相连，四周是低低的护栏。六边形回廊的每面墙有5个书架，每个书架有格式统一的35本书；每本书有410页；每一页有40行，每一行有大约80字，它们是黑色的。

我：这些书说些什么呢？

博尔赫斯：在这些书中读到的每一行有意义的简单陈述中，都充斥着毫无意义的杂音、混乱的文字和互不相干的思想。荒谬是图书馆的普遍现象。在这里理性（甚至简陋和完全的连贯性）几乎是不可思议的奇迹。

我：你是说所有的书都充满着随机的文字？

博尔赫斯：差不多吧。我父亲在第1594层的六边形回廊里看到的一本书是由MCV三个字母组成的，从第一行到最后一行错乱地反复重复。另一本（顺便提一下，查阅的人还真不少）完全是一个文字迷宫，只是在倒数第二页写道：噢，时间，你的金字塔。

我：但是“大千”图书馆中肯定有一些书是有意义的！

博尔赫斯：有一些吧。500年前，一位高楼层六边形回廊的主管偶然发现一本同样让人困惑的书，同样的文字几乎占了两页。内容最终被破译了：是用无限重复变化的例子来阐释关于组合分析的概念。

我：是吗？500年探寻才发现两页合乎理性的文字？这两页纸写了些什么呢？

博尔赫斯：这两页纸的文字使图书馆管理员得以发现图书馆的基本法则。这个思想家观察到，所有的书，不管它们如何千差万别，都是由相同的要素构成的：空格，句号，逗号，字母表上的22个字母。他还断言（被后来的旅人证实了）：在浩瀚的图书馆里，没有两本完全一样的书。在这两个无可争议的前提下，他推断图书馆即是全部，它的书架记录了20多个拼写符号的所有可能的组合（数字极其巨大，但并非无限）。

我：那么，换句话说，你可能运用任何语言写的任何书，在理论上说都能在图书馆中找到。它容纳了过去与未来所有的书！

博尔赫斯：一切东西——纤毫毕现的未来史，天使长的传记，图书馆的忠实目录，成千上万的虚假目录，真实目录的谬误展示，巴西里德斯派的诺斯底派福音书，对那个福音书的注释，对那个福音书的注释的注释，关于你的死亡的真实故事，每本书的所有语言的译本，在所有的书中对任何一本书的篡改。

我：那么，人们就只能猜想，图书馆拥有完美无暇的书，有着最美轮美奂的文字和最深邃洞见的书，这些书比迄今为止人们所写的最好的作品还要好。

博尔赫斯：图书馆里有这么一本书，这就够了。在某处六边形回廊的某个书架上，肯定有一本书堪为其余所有书籍的范本和完美总目。我向未知的神明默默祈祷，希望有一个人——哪怕只有一个人，即使在几千年前，能发现并阅读它。

博尔赫斯接着不厌其烦地谈起一个不敬神灵的图书馆管理员派别，这些人认为销毁无用的书籍非常重要：“他们侵入六边形回廊，挥舞着证件（这些证件并不总是假的），愤愤不平地草草翻完一本书，然后就给整个书架定罪。”

他注意到我眼里的好奇，又接着说：“有人为毁于这种疯狂举动的‘珍宝’而悲叹，他们忽视了两个显著事实。其一：图书馆是如此浩淼，任何人类所能带来的损失只不过是沧海一粟。其二：虽然每一本书都是独一无二、不可替代的，但是（既然图书馆无所不包）总有几十万个不完美的副本——只相差一个字母或标点的产品。”

我：但是人们又该如何辨别真实与近似真实之间的差异呢？这种近似性意味着不只我手里的这本书存在于图书馆，相似的一本书也是如此，差别仅仅在于对前一个句子里的一个词的选择上。或许那本相关的书中这样写道：“每一本书都不是独一无二、不可替代的。”你如何得知你是否找到了你正在找的书呢？

无从回答。我抬起头来，注意到自己在一个发着神秘的光的六边形回廊里，周围是布满灰尘的书架。在一种奇思妙想的状态下，我站在博尔赫斯的图书馆里。这里有20个书架，透过低矮栏杆望出去，向上向下的楼层渐行渐远，迷宫般的回廊里书盈六壁。

博尔赫斯图书馆的诱惑力是如此的不可思议，整整两年我一直在书写您现在手里拿着的这本书。那时我拖延截稿日期有一年了。我无力完成，却又欲罢不能。救我于此困境的绝佳方案就躺在这个包含所有可能的图书馆的某处。我要找遍博尔赫斯的图书馆，直到在某个书架上找到所有我可能写的书中最好的一本，书名叫作《失控》。这会是一本已经完稿、编辑和校对了的书。它将使我免于又一年冗长的工作，对于是否胜任这个工作，我甚至还不太有把握。它看上去肯定值得我一找。

于是我沿着这个满是书籍的一眼望不到尽头的六边形回廊出发了。

穿过第五个回廊之后，我稍作停留，一时兴起，伸手从一个塞满书的上层书架抽出一本绿色的硬皮书。书的内容可以说是极度混乱。

它旁边那本书也是如此，再旁边那本也是如此。我赶紧逃离这个回廊，匆匆穿过大约半英里长千篇一律的回廊，直到我又停下来，随手从附近书架上抠下一本书。这是一本同样令人费解的低劣之作。我仔细翻看了整整一排，发现它们同样低劣。我检查了这个回廊的其他几处，没有发现丝毫起色。又多花了几个小时，我不断改变方向，四处漫游，翻看了几百本书，有些在齐脚高的低层书架上，有些则在几乎和天花板一般高的位置，但都是些同样平庸的垃圾。看上去有几十亿本书都是胡言乱语。要是能找到全篇充满MCV字母的书，正如博尔赫斯父亲所发现的，一定会令人非常高兴。

而诱惑却纠缠不去。我想我可能会花上几天甚至几周时间寻找已完稿的凯文·凯利的《失控》，这个冒险很划算。我甚至可能发现一本比我自己写得更好的凯文·凯利的《失控》，为此我会心怀感激地花一年时间苦苦寻找。

我在螺旋楼梯的一处台阶上驻足休息。图书馆的设计引起了我的深思。从坐的地方我能看到天井的上边9层和下边9层，以及蜂室状的六边形楼层沿每个方向延伸出去一里远的地方。我继续推理下去，如果这个图书馆装得下所有可能的书，那么所有符合语法的书（就不考虑内容是否有趣了）在全部书籍中也不过是九牛一毛而已，而通过随机寻找碰上一本的想法就有些痴人说梦了。花500年找到合情理的两页——任何两页，听起来还算划算。要找到一整本可读的书就要花上几千年了，还要有些运气。

我决定换一种策略。

每个书架都有数量恒定的书。每个六边形都有数量恒定的书架。所有六边形都是一样的，由一个西柚大小的灯泡提供照明，有两扇壁橱门和一面镜子做点缀。图书馆井然有序。

如果图书馆是有序的，这就意味着（很可能）容纳其中的书籍也是有序的。如果书册是有序排列过的，那么只有些许不同的书彼此就挨得很近，差异巨大的书则相隔甚远，那么这种组织性就会为我带来一条途径，可以还算快地从包含所有书的图书馆的某处找到一本可读的书。如果庞大的图书馆的书籍这么有序布列，甚至还有这种可能，我的手刚好摸到一本完稿的《失控》，一本扉页上刻着我的名字的书，一本不用我写的书。

我从最近的书架着手，开辟通往终点的捷径。我花了10分钟研究它的混乱度。我跨了一百步走到第7个最近的六边形回廊，又选了一本书。我依次沿着6个向外扩展的方向重复同样的行动。我扫了一眼这6本新书，然后选择了跟第一本书相比最有“意义”的那本书，在这本书里我发现了一个读得懂的三词序列：“or bog and”。于是我用这本有“bog”的书为基准点，重复刚才的搜索程序，比较它周围6个方向上的书。往返数次之后我发现了一本书，它杂乱的字里行间里有两个类似短语的句式。我感觉好多了。在如此这般多次迭代之后我寻到一本书，在一大堆乱码碎字之中竟然藏着4个英文词组。

我很快学会了一种大范围的搜索办法——从上一本“最佳”书籍处开始，在六边形的每个方向上一次迈过大约200个六边形，这样可以更快地探索图书馆。在这种方式下，我不断取得进展，终于找到有许多英文词组的书，尽管这些句子散落在各个页面。

我花的时间从按小时计算变成了按天计算。“好”书籍之处的拓扑[3]样式在我的脑海里形成一个图像。图书馆的每一本语法健全的书都静静地呆在一个隐蔽起来的中心。中心点是这本书；紧紧包围着它的是这本书的直系摹本；每一个摹本都仅是标点符号的改变而已——加一个逗号，减一个句号。环绕着这些书则摆着改了一两个字的次级赝品。环绕这第二圈的则是一个更宽一点的环，其中的书有了整句整句的歧文，大部分都降级为不合逻辑的表达。

我把这样一圈圈的环想象成山脉的等高线地图。这个地图代表了地势的连贯性。唯一一本极佳的值得一读的书位于山之巅；往下是数量更多的平庸一些的书籍。越是底层的书越平庸，其形成的环带也越大。这座由“凡是能算作书”的书构成的山体矗立在广袤的、无差别的无意义之平原上。

那么，找到一本书就是一件登上有序之顶的问题了。只要我能够确定我总是在朝山顶攀登——总是朝有更多意义的书前进，我必然会登上可读之书的顶点。在这座图书馆中穿行，只要不断穿越语法渐趋完善的等高线，那么我就必然能到达顶峰——那个藏有完全符合语法的书的六边形回廊。

接连几天采用这种称之为“方法”的手段，我找到了一本书。若像博尔赫斯的父亲那样漫无目的、毫无章法地找，就无法找到这本书。只有“方法”才能指引我来到这连绵书脉的中心。我告诉自己，用这种“方法”，我找到了比几代图书馆员不着边际的游荡所能找到的更多，因而我的时间投入是有成效的。

正如“方法”所料，我找到的这本书（书名为Hadal [\[4\]](#)）周围是类似的伪书籍所形成的巨大的层层同心环。然而这本书尽管语法正确，内容却令人失望，乏味，沉闷，毫无特色。最有意思的部分读来也像是很蹩脚的诗。唯独有一句闪现出非凡的智慧，让我一直铭记在心：“当下往往不为我们所见。”

然而，我从未发现一个《失控》的摹本，也没有发现一本书能“偷得”我一个晚上的时间。我明白了，即使有“方法”相助，也要耗时数年。我退出了博尔赫斯的图书馆，走进大学图书馆，然后回家独自写完了《失控》。

“方法”勾起了我的好奇心，暂时分散了我写作的思绪。这个“方法”是否为旅行者和图书馆管理员所普遍知晓呢？过去可能已经有人发



现它，我有这个心理准备。回到大学图书馆（空间有限且编定目录的），我试图找到一本书能给出答案。我的目光从索引跳到脚注，又从脚注跳到书上，落在和刚开始处相去甚远的地方。我的发现让自己大吃一惊。真相出乎意料：科学家们认为从遥远的年代起“方法”就已经充斥着我们这个世界。它不是由人发明的；也许是上帝。“方法”就是我们现在称之为“进化”的各种东西。

如果我们接受这样的分析，那么“方法”就是我们这一切是如何被创造出来的。

然而还有更惊人的：我曾经把博尔赫斯的图书馆当作一个富有想象力的作家的个人梦（一个虚拟现实），然而我越读就越入迷，渐渐体会到他的图书馆是真实存在的。我相信狡黠的博尔赫斯自始至终都明白这一点；他把自己的作品定位为小说，是因为会有人相信他所说的么？（有人认为他的小说是用来精心守护通往绝顶化境的道路的。）

20年前，非图书馆员们在人类制造的硅电路中揭示了博尔赫斯图书馆。富于诗意的人们可以将图书馆内鳞次栉比的无数排六边形回廊和门厅想象成刻印在计算机硅芯片上的由晶格线和门电路组成的复杂莫测的微型迷宫。拜软件所赐，电脑芯片用程序指令创建了博尔赫斯的图书馆。这个首创的芯片采用与其配套的显示器来显示博尔赫斯图书馆中任何书籍的内容：首先是1594号区段的一段文字，接着是来自访者寥寥的2CY区的文字。书页毫不延迟地一个接一个出现在屏幕上。想要搜索容纳所有可能书籍的博尔赫斯图书馆——过去的，现在的，还有未来的——你只需要坐下来（现代的解决方案），点击鼠标就好了。

不论是模型、速度、设计的合理性还是电脑所处的地理位置，对于生成一个通往博尔赫斯图书馆的入口来说没有任何不同。博尔赫斯自己并不知道这一点，尽管他会对此很欣赏：不论采用什么人工方式

来实现，所有的游客到达的都是同一个图书馆。（这就是说容纳所有可能书籍的图书馆是相同的；不存在伪博尔赫斯图书馆；图书馆的所有摹本都是原本。）这种普适性的结果是任何电脑都可以创建出容纳一切可能书籍的博尔赫斯图书馆。

## 14.2 一切可能图像之空间

1993年制造的“连接机5”（CM5）[\[5\]](#) 是当时运算能力最强的计算机，能够毫不费劲地生成以书籍为形式的博尔赫斯图书馆。CM5还可以生成以不同于书籍的复杂物为形式的庞大而神秘的博尔赫斯库。

卡尔·西姆斯是CM5的制造者，是“思维机器”公司[\[6\]](#) 的工程师。他创建了一个由艺术品和图片构成的博尔赫斯库。西姆斯起初为“连接机”编写专门软件，然后为所有可能的图片建立了一个“大千”（有人称之为库）。用来生成一本可能之书的机器同样也能用来生成一张可能之图片。前者是以线性顺序印刷的字母；后者则是显示在屏幕上矩形区域中的像素。西姆斯追寻的是像素的模式而非字母的模式。

思维机器公司的办公室位于马萨诸塞州的剑桥，我在西姆斯有些昏暗的办公室小隔间里拜访了他。西姆斯的桌上有两个超大的明亮显示器；屏幕被分割成由20个矩形框组成的矩阵，纵排4个，横排5个；每个矩形框都是一个窗口，显示着一幅逼真的大理石纹样环形图；每一张的样式都略有不同。

西姆斯用鼠标点击右下角的矩形框。一眨眼功夫20个矩形框都变成新的大理石纹样环形图，每一幅图片都和刚才点击的矩形框略有不同。通过点击一系列的图片，西姆斯可以利用“方法”在视觉模式的博尔赫斯库里穿行。西姆斯的软件能计算出7码远位置的图案按逻辑会是什么样（因为事实证明博尔赫斯库是极其有序的），因此不用再亲自

（沿着多个方向）跑到7码远的位置。他把这些新得到的模式显示在屏幕上。从上一个选定的模式开始，“连接器”能同时得到20个方向上的新模式，而且只需毫秒级的时间就可以完成这项工作。

库里会有什么样的图片是没有限制的。按真正的博尔赫斯方式，这个“大千”包含了所有的色彩和所有的条纹；它包括蒙娜丽莎及其所有的仿制品；各式各样的漩涡，五角大楼的蓝图，梵高的所有素描，电影《乱世佳人》的每一帧画面，还有所有的斑点扇贝，等等。然而这些还只是愿望而已。西姆斯行踪飘忽地穿行于这个库中，收获的主要是布满视窗的形状不规则的斑点、条纹和令人眼花缭乱的色彩漩涡。

“方法”，也即进化，可以被看成是繁殖，而不是旅行。西姆斯把这20幅新图像描述为父母的20个孩子。这20幅图像呈现出的不同就像子女们的不同一样。他选择了后代中“最佳”的一个，并立刻繁殖出20个新的变体。然后，再从这一批里选出最好的那个，再繁殖出20个变化。他可以从一个简单的球体开始，通过累积选择最终得到一座大教堂。

看着这些形状出现，在变化中繁殖，被选中，形状上产生分枝，再精选，然后通过世代演变，成为更加复杂的形状。不论是理智还是直觉都无法回避这样一个印象：西姆斯实际上是在繁殖图像。更丰富、更狂野、更悦目的图像历经迭代演化逐渐显露。西姆斯和计算机学家同行们把这个过程称为人工进化。

繁殖图像与繁殖鸽子的数学逻辑没有什么区别。从概念上讲，这两种进程是同等的。尽管我们称其为人工进化，却与它是否比繁殖腊肠犬需要更多或更少人工毫不相干。两种方式都既是人工的（从艺术的角度看），又是天然的（从本质上讲）。

在西姆斯的“大千”里，进化从生命世界中剥离出来，以纯粹的数学形式存在。去掉组织和毛发的遮蔽，取走栖身于其中的血与肉，将灵魂注入到电子回路里，进化的重要本质就从天生的世界转移到了人造的世界，从原来唯一的碳水化合物领域转移到了算法芯片中的人造硅世界。

令我们震惊的不是进化行为从碳转到了硅；硅和碳实际上是非常相似的元素。人工进化真正令人吃惊的是，它对计算机来说是完全自然而然的事情。

在10次循环之内，西姆斯的人工繁殖就能创造出一些“有趣”的东西。往往只需5次跳跃就能把西姆斯带到某处，得到比胡乱的涂鸦妙得多的图像。在他一幅接一幅地点击图片的同时，西姆斯像博尔赫斯一样谈起了如何“遍历库房”或者“探索空间”。图像始终“就在那里”，即使它们在找到或选定前还没有被渲染成视觉形式。

博尔赫斯图书馆的电子版本也是一样的道理。书中的文本是抽象存在、独立于形式的。每段文本都沉睡在这座虚拟图书馆的某个虚拟书架上的指定位置上。当被选中时，神奇的硅芯片就给这本书的虚拟本体注入了形式，从而唤醒这段文本并使之出现在屏幕上。一个魔术师旅行到有序空间的某个地方时，就会唤醒肯定栖息在这里的某本书。每个坐标上都有一本书；每本书都有一个坐标。正如旅行者所见，一个景致展现出许多可以看到更多景致的新地点；图书馆的一个坐标引发了许多后继相关坐标。图书馆员以按序跳跃的方式穿越空间；路径就是一连串的选择。

从最初的那个文本衍生出6个亲戚；它们共有一个家族形式和信息种子。在图书馆里，它们之间的差异相当于兄弟姐妹间的差异。由于它们是由前一代衍生下来的亲戚，因此可以被称为后代。被选中的“最佳”后代就成为下一轮繁殖的亲本；而它的6个孙辈变异中有一个将成为再下一代中的亲本。

当身处博尔赫斯图书馆时，我发现自己正循着一条从胡言乱语开始追寻一本可读之书的路径。然而换种思路再看一下，可以看见我正在把一本不知所云的书繁育成一本有可取之处的书，正如有人可以通过多代选择把杂乱无章的野花培育为优美的玫瑰花球一样。

卡尔·西姆斯在CM5上将灰色的杂点繁育成生机勃勃的植物生命。“进化的创造力是无穷的。它能够超过人类的设计能力，”他断言。他想出了一个办法来在这无比巨大的库中圈定区域，以使他的漫游保持在所有可能的植物形式范围之内。在穿行于这个空间时，他复制了他觉得最迷人的那些形式的“种子”。后来西姆斯重组了他的成果，把它们渲染成能够用动画表示的想象中的三维植物。他繁育出来的人工林包括一株巨大的展开的羊齿蕨、树顶有球状物的纺锤形的类松树、蟹爪样的草和扭曲的橡树。最后他把这些进化出来的怪异植物放在了他的一个叫作“胚种论”的视频作品里。在这个视频里，异形一样的树和奇怪的巨草由种子开始，发芽长大，最终演变出盘根错节的异域丛林，铺满了一个贫瘠的星球。进化出来的植物繁育它们自己的种子，这些种子被植物的球形大炮爆裂到空中，然后来到下一个贫瘠的世界（这就是胚种论的过程。）

## 14.3 倘佯在生物形态王国

卡尔·西姆斯既不是博尔赫斯“大千”（有人称之为“库”）世界的唯一探索者，也不是第一个。就我所知，第一个合成的博尔赫斯世界的图书馆员是英国动物学家理查德·道金斯。1985年，道金斯发明了一个他称之为“生物形态王国”的“大千”。“生物形态王国”是一个由可能的生物形状组成的空间，这些生物形状由短直线和分叉线构成。它是第一个由计算机生成的可能形式库 [7]，并且可以用繁殖的方法进行搜索。

道金斯的“生物形态王国”是作为教育程序而编写的，目的是阐明在没有设计师的情况下，设计之物是如何产生的。他想用视觉方式直观地证明，随机选择和无目的的漫游绝不能产生连贯一致的设计物，而累积选择（即“方法”）可以做到。

除了在生物学界享有盛誉，道金斯在大型计算机编程上也有丰富的经验。“生物形态”就是个相当成熟复杂的计算机程序。它绘制出一段具有一定长度的线条，以某种生长方式给它加上枝条，再给枝条加上枝条。枝条如何分岔，加多少枝条，枝条的长度是多少，这些都可以随形状的演变而在数值上有些许的变化，并且互不相干。在道金斯的程序里，这些数值的“变异”也是随机的。每次对9个可能变量中的一个进行“变异”，就得到一个新的形状。

道金斯希望通过人工选择和繁殖来遍历 [8] 一个树状的库。“生物形态王国”中诞生的形状起初很短，只能称之为一个点。道金斯的程序生成了它的8个子代，这与西姆斯的程序非常相似。这个点的子代在长度上各不相同，这取决于随机变异赋予了它们什么样的值。电脑把子代加上亲本显示到9个方框中。通过选择-繁殖方法，道金斯选取了他最喜欢的形状（这是他的选择），进化出更加复杂的变异形状。到第7代时，后代已经加速进化到了精雕细琢的程度。

这正是道金斯最初用BASIC [9] 写这个程序代码时所希望的。如果他足够幸运的话，就能得到一个由奇妙的、多种多样的分枝树所组成的“大千”。

在程序运行的第一天，道金斯度过了兴奋的一小时，他把他的博尔赫斯图书馆里最临近的书架翻了个底朝天。在一次变异中，他发现茎、枝条、干出现了意想不到的排列。这是些自然界中从未有过的奇异的树。还有那些世间从未出现过的灌木、草和花的线图。道金斯在《盲眼钟表匠》（*The Blind Watchmaker*）一书中从进化和“库”的角度

对此做了双重解释：“当你通过人工选择在电脑中第一次进化出新生物时，感觉就像是在创造一般。确实如此。而从数学的角度看，你所做的实际上是在发现生物，因为在‘生物形态王国’的基因空间里，它早就待在那属于它的位置上了。”

随着时间的流逝，他注意到他走进了库的另一个空间：在这里，树的分支开始自相缠绕，纵横交错的线条充满了一些区域，直到它们堆成一个实体。层层缠绕的分支形成了小小的躯体而不是树干。而从躯体中长出来的辅助分支看起来像极了腿和翅膀。他进入了库中的昆虫世界（尽管他这个上帝从未打算过要有这么一个国度！），他发现了各式各样奇怪的虫子和蝴蝶。

道金斯震惊了：“当我写这个程序时，我从未想过除了类似树的形状，它还能进化出别的什么东西来。我本希望能够进化出垂杨柳、杨树和黎巴嫩雪松。”

而现在已经到处是昆虫了。那一晚，道金斯兴奋到了废寝忘食的程度。他花了更多的时间去发现那些令人惊叹的复杂生物，它们有的看起来像蝎子，有的像水蜘蛛，还有的像青蛙。他后来说：“我简直兴奋得发狂。我无法形容，探索一个按自己设想所创造出来的王国是多么令人兴奋。在面对这些突现在屏幕上的东西时，无论是我的生物学家背景，还是我20年的编程经验，抑或是我最狂野的梦境，都未能让我有丝毫的心理准备。”

那一晚他无法入睡。他继续向前推进，渴望饱览他的“大千”所能延伸到的境界。这个原本以为简单的世界还有什么神奇的东西？当他终于在清晨睡着时，“他的”昆虫图像成群结队地出现在梦里。

接下来的几个月里，道金斯在“生物形态王国”这个世外桃源中流连忘返，寻找非植物和抽象的形状。仙女虾，阿兹特克神庙，哥特式教堂窗户，土著人的袋鼠壁画——这些只是他所碰到的形状中的一小



部分。道金斯充分利用了一切空闲时间，最终用进化的方法找到了许多字母表里的字母。（这些字母是通过繁殖而得的，不是画出来的。）他的目标是找到他名字中的所有字母，但是他一直没能找到一个像样的D或一个精致的K。（在我办公室的墙上贴着一张令人称奇的招贴画，26个字母和10个数字在蝴蝶翅膀上若隐若现——包括完美的D和K。尽管自然进化出了这些字母，它们却不是被“方法”发现的。摄影师杰尔·山伍德告诉我，他看过了超过一百万只翅膀才收集全这36个符号。）

道金斯在探寻。他后来写道：“市面上的电脑游戏可以让玩家产生某种置身于地下迷宫的幻觉，这个地下迷宫的地形就算复杂也是确定的，在那里他碰到龙、牛头怪或其他虚构的对手。在这些游戏中怪物的数量其实是相当少的，它们全都是由人类程序员设计的；迷宫的地形也是如此。而在进化游戏里，不论是电脑版还是真实版，玩家（或观察者）的感觉都犹如漫步于一个充满分岔口的迷宫，路径的数量是无穷尽的，而他所碰到的怪物们也不是设计好的或可以预料的。”

最为神奇之处是这个空间的怪物只出现一次，然后就消失了。“生物形态王国”最早的版本没有提供保存每个生物形态坐标的功能。这些形状出现在屏幕上，从库中各自所在的架子上被唤醒，当电脑关闭时，它们又回到其数学位置。重新碰到它们的可能性微乎其微。

当道金斯第一次到达昆虫区时，他拼命地想保留一只，以便日后能再次找到它。他打印出它的图片以及所有一路演化而来的28代先祖形态的图片，但是，他早期的原型程序却没有保存那些能使他重建这个形态的“后台”数据。他知道，一旦他那天晚上关闭了电脑，昆虫生物形态就消失了，唯余残留在其肖像中的缕缕香魂。他到底能不能重新进化出一模一样的生命形态呢？他排除了这种可能性。但他至少证明了，它们存在于库中的某个地方。知道它们的存在足以让他刻骨铭心。

尽管道金斯手中有起始点和一套完整的进化序列“化石”，但重新捕获当初的那只昆虫仍然是一件可望不可及的事情。卡尔·西姆斯也曾在他的CM5上繁育出一个由彩色线条组成的令人眼花缭乱的冷艳图案——颇有杰克逊·波洛克 [\[10\]](#) 之风，但那时他还没有添加保存坐标的功能；他后来也再没能重新找回这个图案，尽管他留有一张当时的幻灯片作为纪念品。

博尔赫斯空间是如此广大。刻意在这个空间里重新定位同一个点是如此困难，不啻重新下一盘一模一样的棋。任何一个轮次的选择，都会是失之毫厘，谬以千里。在生物形态空间里，形式的复杂性，选择的复杂性，以及差异的微妙性，都足以使对每一个进化出的形式的造访既是第一次也是最后一次。

也许在博尔赫斯图书馆中有一本名为《迷宫》的书讲述了下面这个不可思议的故事（是大学图书馆那本《迷宫》里所没有记载的）。在这本书里，豪尔赫·路易斯·博尔赫斯讲述了他的父亲——徜徉在一切可能之书的“大千”里的行旅读者——在这片令人望洋兴叹的广阔空间中曾经偶遇过一本可读之书。全书410页，包括目录，都以两行回文（顺序倒序都是一样的词）的体裁写就。前33句回文既晦涩又深奥，但那就是他父亲仓促间读到的全部内容——地下室的一场意外大火迫使这个区的图书馆管理员将大家疏散到外面。由于撤离得匆忙，他父亲忘记了这本书的位置。出于羞愧，他在图书馆之外从未提起过这本回文书的存在。而在随后的整整8代人时间里，一个由前图书馆管理员组成的颇为诡秘的协会一直时不时地碰面，来系统地追踪这个先辈旅行者曾经留下的足迹，希望某天在图书馆浩瀚空间的某处重新找到这本书。然而，他们找到自己心目中圣杯的希望极其渺茫。

为了证实这样的博尔赫斯空间到底有多么巨大，道金斯曾悬赏能够重新繁育出（或者撞大运也行！）一幅高脚杯图像的人。这只高脚杯是他在生命形态王国的一次漫游时偶遇的；他称之为圣杯。道金斯

深信它早已深埋无踪，因而愿意向第一个能呈现出圣杯图案的人提供1000美元奖金。“用我自己的钱悬赏，”道金斯说，“是用我的方式宣告没有人会找到它。”让他大跌眼镜的是，他的悬赏挑战发出不到一年，托马斯·里德，加利福尼亚州一个软件工程师，竟然重逢了这个圣杯。这看上去与追踪老博尔赫斯的足迹来定位失落的回文书颇为相似，或者与在博尔赫斯图书馆中找到《失控》这本书一样，堪称伟大的壮举。

但是“生物形态王国”提供了线索。它的起源反映了道金斯作为一名生物学家的专业兴趣——在进化之上，它还体现了有机体的一些原则。正是生物形态的这第二生物学属性使里德得以发现这个圣杯。

道金斯认为，要想造出一个有实际意义的生物“大千”，就必须把可能的形状限定在具有一定生物学意义的范围内。否则，即使用了累积选择的方法，找到足够多生物形态的机会也会被淹没在所有形状汇成的茫茫大海中。毕竟，他解释道，生物的胚胎发育限制了它们变异的可能性。举个例子，大多数生物都显示出左右对称的特性；通过把左右对称设定为生物形态的基本要素，道金斯就能够缩小整个库的规模，也就更容易发现生物形态。他把这种缩减称为“受限胚胎学”。他给自己的任务是设计一个“生物学意义上有趣的”受限胚胎学。

道金斯告诉我：“一开始我就有个强烈的直觉，我想要的胚胎学应当是递归的。我的直觉一部分是基于这样一个事实——真实世界中的胚胎学可以被看作是递归的。”道金斯所说的递归，是指简单规则一遍又一遍地循环应用（包括用于其自身的结果），并由此生成了最终形式所具有的绝大多数复杂性。譬如，当“长出一个单位长度然后分岔成两个”的递归规则重复应用于一段起始线条上时，大约5次循环之后，它就会生成一片灌木般的具有大量分叉的形状。

其次，道金斯把基因和躯体的理念引入到库里。他认识到，（书中的）一串字母就好比是生物的基因（在生物化学的正规表述中，甚

至就用一串字母来表示一段基因），而基因生成肌体组织。“但是，”道金斯说，“生物基因并不控制肌体的各个微小部分，这就相当于它并不控制屏幕上的像素点。相反，基因控制的是生长规则，也即胚胎的发育过程，而在‘生物形态王国’里，就是绘图算法。”因而，一串数字或文字就相当于一段基因（一条染色体），隐含着一个公式，并按这个公式用像素点绘出图案（躯体）。

这种以间接方式生成形式的结果就是，图书馆中几乎任何随机角落里摆放的，或者说几乎所有基因生成的，都是符合逻辑的生物形状。通过让基因控制算法而非像素，道金斯在他的“大千”中建立了一条内在语法，阻止了一切旧日荒谬的出现。即使是再出乎意料的变异，结局也不会是一个不起眼的灰点。同样的变换在博尔赫斯图书馆里也可以实现。每个书架的位置不再代表一种可能的字母排列，而是代表一个可能的词语排列，甚至是可能的句子排列。这样一来，你选中的任何书都将至少是接近可读的。这个得到提升的词语串空间远比文字串空间小，此外，正如道金斯所说，限定在一个更有意思的方向上，你就更有可能碰到有意义的东西。

道金斯引入的基因是以生物的方式发生作用——每次变异都按结构化的路径来改变多个像素。这不仅缩小了生物形态库的规模，将其精炼成实用的形态群，而且为人类繁育者提供了发现形式的替代途径。生物形态基因空间的任何微妙变化都将放大成图像的显著而可靠的变化。

这给了托马斯·里德这个无冕的圣杯骑士以第二种繁育途径。里德不断地改变亲本形式的基因，观察基因引起的形状变化，以求了解如何通过改变单个基因来引导形状改变。这样他就可以通过对基因的调整来导出各种生物形态。道金斯把他程序中的这种方法叫作“基因工程学”。和在真实世界一样，它有着神奇的力量。

事实上，道金斯是将他的1000美金输给了人工生命领域的第一位基因工程师。托马斯·里德利用工作中的午餐间隙来寻觅道金斯程序里的圣杯。道金斯宣布竞赛发起的6个月后，里德通过图像繁育和基因工程双管齐下的办法找到了失落的宝藏。繁育是一个快速而随意的头脑风暴，而工程学则是微调和控制的手段。里德估计他用了40个小时来寻找圣杯，其中有38个小时花在工程学上。“只通过繁育手段，我是绝不可能找到它的，”他说。接近圣杯的时候，里德无法做到不动其他的点而让最后一个像素改变。他花了好多时间在倒数第二个形式上以试图控制最后那个像素。

无独有偶，让道金斯大为震惊的是，在里德之后数星期内又有两个发现者各自独立地找到了圣杯。他们能够在天文尺度的可能性空间里准确地定位到他的圣杯，同样并非只靠繁育，而主要是通过基因工程，有一个还运用了反向工程 [\[11\]](#)。

## 14.4 御变异体而行

也许是由于生物形态王国视觉化的特性，最先吸取道金斯的计算机繁殖思想的人是艺术家们。第一位是英国小伙子威廉·拉萨姆；此后，波士顿的卡尔·西姆斯把人工进化研究向纵深推进。

在20世纪80年代早期，威廉·拉萨姆展示的作品就像是某个深不可测的精巧装置的零部件图册，似天外来物。在一面纸墙上，拉萨姆先画出一个简单形状，比如顶部中间位置画一个圆锥体，然后用渐趋复杂的圆锥体图形填满剩下的空间。每一个新图形的产生都遵循拉萨姆所预设的规则。一个形状与其变化而来的后代形状们之间用细线相连起来。通常，一个形状会有多个变形。在这张巨大画面的底部，圆锥体变形成华丽的金字塔和带有艺术装饰风格的丘形。从逻辑上讲，这

幅画是一个族谱图，但包含许多交叉婚姻。整个画面挤得满满当当，看起来更像一个网络或电路。

拉萨姆把这种用来生成各种形式并选择特定后代进一步演化的“基于规则的受迫过程”称为“形式合成”。最初他把“形式合成”用作启发灵感的工具来寻找可能的雕刻形式。他会从他的一堆草稿图中选出一个特别满意的图形，然后用木头或塑料把这个精巧复杂的形式雕刻出来。一份拉萨姆的作品目录中展示了一个中等大小的黑色雕刻，就像一个非洲面具；它是拉萨姆用“形式合成”的方法创造（或者说发现）的。但是，雕刻是如此花费时间却又毫无必要，因此他不再雕刻。让他最感兴趣的是那个庞大而未知的可能形式之库。拉萨姆说：“我的关注点从完成一件单一作品转向雕刻上百万件作品，而每个作品又能再延伸出上百万件雕刻。我现在的艺术作品就是整棵雕刻的进化树。”

20世纪80年代后期，电脑三维图形在美国大量兴起，受此启迪，拉萨姆开始采用电脑运算来自动生成形式。他与英国汉普郡IBM研究所的一位程序员合作，一起修改了一个三维建模程序，用来生成变异形式。艺术家拉萨姆用了大约一年的时间来手工输入或编辑基因值，以生成可能形式的完整树。通过手动修改某个形式的编码，拉萨姆可以随机地对空间进行搜索。在提起这个人工搜索的过程时，拉萨姆只是淡淡地表示“挺累人的”。

1986年，拉萨姆遇见了刚问世的“生物形态”程序。他将道金斯进化引擎的核心部分与他的三维形式的精致外在结合到一起，孕育出一种进化艺术程序的思想。拉萨姆将他的方法昵称为“变异体”。“变异体”的功能几乎与道金斯的变异引擎完全相同。程序生成一个现有形式的后代，每一个后代之间都略有不同。与道金斯的线段图形不同，拉萨姆的形式是有血有肉、极具感官性的。它们以三维立体并带有阴影渲染的图像跃入观者的感知系统。那些夺人眼球的电子怪兽都是由不知疲倦的IBM图形计算机鼓捣出来的。艺术家选取其中最好的三维作

品，以此作为亲本，繁衍出其他变异。许多代之后，艺术家将会在一个真正的博尔赫斯库里进化出一个全新三维实体。如此巨大的“生物形态王国”也只不过是拉萨姆空间的一个子集而已。

拉萨姆说道：“我从未想到我的软件能够创造出如此多的雕刻类型。用这种方法所能创造出的形式是如此之多，几乎是无限的。”拉萨姆找到的这些形式，纤毫毕现，令人叹为观止，这中间包括编制精巧的篮子，大理石质地的巨蛋，双体蘑菇状东西，来自另一个星球的麻花状鹿角，葫芦，奇异的微生怪物，朋克造型的海星，还有拉萨姆称之为“Y1异形”的来自异域空间的多臂湿婆神。

“一个充满奇思妙想的花园，”拉萨姆这样称呼他的收藏。他并非要仿制出地球生命的样式，而是在探寻其他的有机形式——比地球生命“更具野性的某种东西”。他记得在参观一次乡间展会时驻足于一个人工授精摊位，看到巨大的变异超级牛和其他各种“没用的”怪物的照片。他发现这些奇异的形式最能带来灵感。

打印出来的图案给人一种不真实的清晰感，仿佛是在月球上无空气的环境下拍摄的照片。每一种形式都蕴含着惊人的有机感。这些东西并不是自然的复现，而是存在于地球之外的天然存在。拉萨姆说：“这台机器可以让我自由地探寻以前从未接触到的、超出我想象力的形式。”

在博尔赫斯形式库的深处，一层层优雅的鹿角、一行行左旋蜗牛、一排排矮花树、一屈屈瓢虫，都在等待着它们的第一个造访者——这个造访者也许是大自然本身，也许是位艺术家。而在两者未曾触及它们之前，它们仍然在意识之外，在视觉之外，在触感之外，是纯粹的可能之形式。就我们所知，进化是造访它们的唯一途径。

这个形式库包含了从过去到未来的所有生命形式，甚至包括存在于其他星球的生命形式。受限于我们自己的先天偏见，我们无法深入



思索这些非传统生命形式的任何细节。我们的思绪会很快滑落回自己熟知的自然形式。我们也许会有片刻的遐想，但一旦要给这样一个离奇幻物填充大量细节，则会畏缩不前。进化，则是一匹暴烈野马，带我们到人力所不能及之处。借助这匹难以驾驭的脚力，我们来到一个充满奇形体之处，那些形体穷极想象之所能（但却并非出自人类想象），真若处子，素面朝天。

设计“连接机5”的艺术家工程师卡尔·西姆斯告诉我：“我使用进化方法是出于两个目的：一是为了繁育出我不可能想象到的、也不可能凭其他方式发现的东西；二是为了创造出我可能想象到的、但永远没有时间去细化的东西。”

西姆斯和拉萨姆都曾碰到过形式库里的断点。“对于进化空间中可能出现的東西，你会越来越有感觉，”西姆斯称。他还提到，他时常在进展不错而洋洋自得的时候，一头撞到墙上——进化似乎到达了一个平台期。即使最激进的选择也不能让那个慵懒的家伙挪动半步——它似乎陷在那里了。代代更迭并没有产生更好的形式；就好像身处一个巨大的沙漠盆地，下一步与上一步没有什么分别，而朝向的顶峰仍遥不可及。

而托马斯·里德在潜心追踪生物形态王国那失踪的圣杯时，经常需要回退。他可能会看似离圣杯很近了却无法取得任何进展。他常常把漫漫征途的中间形式保存起来。有一次他需要回退数百步到第6个存档，才得以从死胡同里走出来。

## 14.5 形式库中也有性

拉萨姆在探索他的空间时也曾有过类似的经历。他时不时地闯入一种他称为不稳定态的领地。在可能之形式的一些区域，基因的显著

变化只能对形式造成微乎其微的改变——这也就是西姆斯所滞留的盆地。他不得不对基因大动干戈，以获得一点点形式上的推进。而在另一些区域，基因的微小变化也会造成形式的巨大改变。在前一种区域，拉萨姆在空间中的进展极其缓慢；而在后一种区域，哪怕最微小的动作都会让他横冲直撞地跑出老远。

为了避免跑过头，并加快发现的进度，拉萨姆在探索时会有意调整变异的幅度。最初他会把变异率设得比较高，以便快速扫过空间。当形状变得较有意思之后，他会把变异率调低，这样代与代之间的差距变小，他就可以慢慢地接近被隐藏起来的形状。西姆斯则设法使他的系统能够自动执行类似的方法。随着进化出来的图像越来越复杂，他的软件会调低变异率，以软着陆在最终形式上。“否则，”西姆斯说，“当你试图微调一帧图像时会很抓狂。”

这些开拓者们还想出了几条巡游的妙计。最重要的就是交配。道金斯的生物形态王国尽管丰饶却寡欲，找不到任何性的迹象。一切变化都通过单亲的无性变异来达成。相比之下，西姆斯和拉萨姆的世界则是由性所驱动的。这些开拓者们所认识到的最重要一点就是：在一个进化系统里，交配行为可以有任意多种花样！

当然，最传统的“体位”是：父母双方各提供一部分基因。但即便是这种最平淡无奇的交配也可以有好几种方式。在图书馆里，繁育就好比挑两本书，把它们的文字融合成一本“子”书籍。你可以生下两种后代：“内亲”或“外戚”。

“内亲”后代继承了父母之间的性状。想象一条连接图书甲和图书乙的线段。子代（图书丙）可能位于这条线段上的任何一点。它可能在正中间——如果它正好继承了父母各自一半的基因；它也可能更靠近某一方——譬如1/10继承自母亲而9/10来自父亲。“内亲”还可以以章节交错的方式继承两本书的内容，就好比来自父母的基因片段交错排列在一起。这种方法可以将那些彼此间存在某种关联（通常可以用某

种近似函数来表示) 的基因片段保留下来, 因而更有可能“去芜存菁”。

另一种理解“内亲”的方式是把它想象成生物甲正在(用好莱坞的话说) 异形成生物乙。在从甲到乙的整个蜕变过程中产生出来的所有异形生物, 都是这对夫妻的“内亲”后代。

“外戚”所处的位置则是父母变形线之外的某点。一头狮子与一条蛇的“外戚”并非是两者中间的某个点, 而更有可能是一只狮头蛇尾却长着分叉舌的怪物 [12]。制造怪物的方法有好几种, 其中非常基本的一种就是: 在父母双方所具备的特性中随机抽取一些, 放在一个大锅里搅拌, 然后捞起什么算什么。“外戚”后代更具野性, 更加不可预料, 也更加失控。

进化系统的诡异之处还不止于此。交配可以是有悖常理的。威廉·拉萨姆眼下正在他的系统里推行多配偶制。凭什么交配要限制在两位父母之间? 拉萨姆的系统让他可以选择多达5位父母, 并且每位父母“传宗接代”的权重各不相同。他对一群子形式吩咐道: 下次要像这个多些, 还有那个和那个, 还要有一点点像这个。然后他让它们结合, 一起生产出下一代。拉萨姆还可以赋予负的权重值: 譬如, 不要像这个。这相当于设定了一个“反父母”。“反父母”参与交配的结果是繁衍出(或者根本不繁衍) 尽可能与之不同的子女。

在自然生物学(至少是我们目前所知的) 基础上更进一步, 拉萨姆的变异体程序会追随繁育者在库中的足迹。对于在特定繁育过程中保持不变的基因, 变异体程序会认为它们是繁育者所喜好的, 因而让它们成为显性基因 [13]; 而对于那些变化不定的基因, 变异体程序则认为它们是试验性质的, 且不为繁育者所喜爱, 因而将其定义为隐性基因, 以减小它们的影响。

跟踪进化过程来预测其未来进程的想法是如此让人心醉。西姆斯和拉萨姆都梦想建立一个人工智能模型，能够分析繁育者在形式空间内探索的点滴进步。这个人工智能程序将会推导出每一步选择所共有的要素，进而直达库的纵深并找到具有某种特性的形式。

在巴黎蓬皮杜中心，在奥地利林茨国际电子艺术节，卡尔·西姆斯都向公众展示了他的人工进化之“大千”。在长长的陈列走廊中间的平台，一台连接机嗡嗡作响。伴随着机器的思考，墨黑色的立方体发出闪烁的红光。一条粗粗的电缆把这台超级电脑与呈弧形分布的20台显示器连接起来。每个彩色屏幕前的地板上都安了一个脚踏板。踩下脚踏板（下边盖着开关），参观者就从这排屏幕中选择一个特定图像。

我有幸在林茨展会的连接机2上繁育出了图像。一开始我选择了一个看起来像是开满了罂粟花的花园的图像。西姆斯的程序立刻繁育出20个后代。其中两块屏幕上充满了灰色的、毫无意义的东西，另外18块屏幕上则显示出新的“花朵”，有些支离破碎，有些具有新的颜色。我一直试图让画面变得更加绚烂多彩。在这间弥散着电脑热力的房间里，很快我就在脚踏板之间的来回奔跑中汗流浹背了。这份体力活像是在做园艺——精心照料那些形状以使之长大成人。我不断进化出更精细的花卉纹样，直到另一个参观者改变了进化方向，使它变得象荧光格子花纹。这个系统所发现的如此众多的美丽图案让我目瞪口呆：几何学的静物，幻景，异国情调的纹理，怪诞的图标。精致的、色彩绚烂的作品一个接一个光临屏幕，然而，若未被选中的话，就永远地离别消失了。

西姆斯的装置每天都不间断地进行着繁育，把进化之手交付给路过这里的群氓的奇思异想。连接机记录下每一个选择的前世今生。由此西姆斯得到了一个人们（至少是博物馆的观众们）认为美丽或有趣

的图像的数据库。他相信可以从这些丰富的数据中抽象出一些只可意会不可言传的内在，并作为将来在库的其他区域繁育时的选择条件。

也许，我们会惊讶地发现，并没有什么统一的选择标准。也许，任何高度进化的生命形式都是美丽的。众生皆美——尽管各有所好。帝王蝶和其宿主奶草豆荚谁也不比谁更显眼或更平庸。如果不带偏见地审视一下，寄生虫也很美。我隐约地觉得，自然之美就存在于物种进化的历程里，存在于形式必须完完全全地合乎生物之道这样一个重要事实中。

尽管如此，仍然有什么东西（不管它们是什么）把这些被选中的形式与它们周围斑驳陆离的灰色杂点区别开来。对两者的比较也许能为我们揭示美的更多内涵，甚至能帮助我们弄明白，“复杂性”究竟指的是什么。

## 14.6 三步轻松繁育艺术杰作

俄罗斯程序员弗拉迪米尔·伯克希尔科提醒了我，单单为了美而进化可能就是一个够远大的目标了。伯克希尔科和他的同伴阿列克谢·帕杰诺夫（他编写了让人上瘾的电脑游戏俄罗斯方块）设计了一个非常强大的繁育虚拟水族馆的程序。伯克希尔科告诉我：“刚开始时，我们并没打算使用电脑来生成什么很实用的东西，而只是想得到非常漂亮的东西。”伯克希尔科和帕杰诺夫一开始并没有打算创造一个进化世界。“我们从花道——日本的插花艺术开始起步。原本想做出某种电脑花艺的东西，而且是活的，是动的，永远不会重复自己。”由于电脑屏幕“看起来像一个水族馆，我们决定做一个可以由用户定制的水族馆”。

用户们把多彩的鱼类和摇曳的海草恰当地搭配，填充进屏幕水族馆，从而也当了一把艺术家。他们会需要大量不同的生物体。为什么不让水族馆爱好者们繁育自己的品种呢？于是“电子鱼”应运而生，而俄罗斯人也发现他们是在玩一个进化游戏。

电子鱼是一个程序怪物。这个程序主要是在莫斯科编写的。那时俄罗斯大学里往往整个数学系的人都失业了，而一个聪明的美国创业家可以用雇用一位美国黑客的薪水让这一整帮人为他做事。多达50名为电子鱼编写代码的俄罗斯程序员重新发现了计算进化的方法和威力，而他们对道金斯、拉萨姆和西姆斯的工作一无所知。

电子鱼的商业版本于1993年由美国软件商Maxis发行。它将拉萨姆在IBM大型机上和西姆斯在连接机上运行的那种华丽的虚拟繁育程序浓缩到了家用电脑上。

每一条电子鱼有56个基因，800个参数。（好大的一个库啊！）多彩的鱼在虚拟的水下世界逼真地游来游去，会像鱼一样地轻拂鳍尾来个转身。它们在一缕缕海藻（也是由程序繁育的）中无休止地来回穿梭。当你给它们“喂食”时，它们就成群地围在食物周围。它们永远不会死。当我第一次从10步外看到一个电子鱼水族馆时，竟以为它是一段真实水族馆的视频。

真正有趣的部分是繁育鱼类。首先我在这片电子鱼的海域里随意地撒下一网，以捞起几条奇异的鱼来做亲本。不同的区域藏着不同的鱼。这片海域就是一个鱼类的形式库。我抓到两条鱼并把它们拖了上来：一条胖胖的，身体呈黄色，间有绿色的斑点，背鳍单薄，上唇突出（这是妈妈）；另一条小个子家伙，体态像鱼雷，蓝色，长着中式帆船帆一样的背鳍（这是爸爸）。我可以选择任意一种进化方式：既可以从那条胖鱼或那条小蓝鱼中任选一条进行无性繁殖，也可以让这一对儿进行交配，从它们繁育出的后代中挑选。我选择了交配。

就像其他人工进化程序一样，有十几个变异后代出现在屏幕上。变异的程度可以通过旋钮来调整。我把注意力放在鱼鳍上，选择了一条有着巨鳍的鱼，并使每一代的体态都朝着越来越华丽、越来越庞大的鳍进化。我生成了一条看起来周生长满鳍的鱼，背、腹、侧面都有。我把它从孵化器里移出来，在扔进水族馆之前进行了动画模拟（这个过程可能需要几分钟或几小时，取决于电脑运算速度）。经过了许多代的演化，我得到的这条鱼是如此之怪异，以至于不能再进行繁育。这也是电子鱼程序用来保证鱼之为鱼的手段。我已经处于库的边缘，超出这个边界的形式就不再是鱼了。电子鱼程序无法渲染那些非鱼类生物，也无法让那些太过异类的鱼动起来——让一条怪物游起来实在有些强人所难。（鱼的各部分比例要符合常规，这样游动起来才有真实感。）用户们乐此不疲地试图弄清楚鱼和非鱼的界限以及是否有什么漏洞可钻，这也正是这个游戏的一部分。

要存储整条鱼的信息会占用过多的磁盘空间，因此程序只存储基因本身。这些微小的基因种子被称作“鱼卵”。鱼卵比鱼要小250倍。电子鱼的狂热玩家们通过网络交换鱼卵，或者将它们上传保存在公共的数字库里。

罗杰是Maxis公司负责测试电子鱼的程序员。他发现了一种有趣的办法，可以用来探索鱼类形式库的边界。他没有用繁育或是在已有的样本中撒网捞鱼的办法，而是把自己的名字直接插入到一个鱼卵代码中。一尾短小的黑蝌蚪出来了。很快办公室里所有人的电子鱼鱼缸都有了一尾黑蝌蚪。罗杰想知道他还能把什么东西放进鱼卵里去。这次他输入了林肯在葛底斯堡演说的文本，鱼卵长成了一个鬼一样的生物——一张苍白的脸拖曳着一个残破的蝙蝠翼。爱开玩笑的人给它取了个绰号叫作“葛底斯堡鱼”。经过一通乱闯乱撞之后，他们发现，任何一个包含大约2000个数位的序列都可以作为“鱼卵”而孵化出可能的鱼来。电子鱼的项目经理很快就乐此不疲，他把自己的财务预算电子表



格输入程序，孽生了一个鱼头、毒牙嘴和龙身的怪物，这可不是什么好兆头。

繁育新品种曾经是园丁独有的手艺。而现在画家、音乐家、发明家都可以染指了。威廉·拉萨姆预言，进化主义将是当代艺术发展的下一个阶段。借用变异和有性繁殖的概念可以催生出这门艺术。艺术家西姆斯并没有费心为电脑图像模型去绘色或是生成材质图，他通过进化来完成这项工作。他随意进入一个木质图案的区域，随后进化出木纹精细、树节密布的松树般的纹理，并用来给视频中的墙刷色。

现在人们可以在苹果电脑上用Adobe Photoshop的一个商用模板来做到这一点。凯伊·克劳斯编写的“纹理变异体”软件可以由一个图案繁育出八个子代，并从中选择一个继续繁育。

当代艺术设计趋向于更多地运用分析控制的手段，而进化主义颠覆了这种趋势。进化的终点目标更加主观（“最美者生存”），更少控制，更贴近天马行空般的意境，更加自然天成。

进化艺术家进行了两次创造。首先，艺术家扮演了上帝的角色，为生成美而设计了一个世界，或一个系统。其次，他是这个伊甸园的园丁和看护人，诠释并呈现出他选中的作品。他更象慈爱的天父导引一个个生灵降临世间，而不是冰冷的模具塑造出一个个造物。

目前探索式的进化方法还有其局限性，艺术家只能从随机的某点或最基本的形式出发。进化主义的下一步是能够从人为设计的样式开始，然后从那里随心所欲地繁育开去。理想状况下，你会希望能有挑选的权利，譬如说从一个还需要加工或改进的图标开始，逐步向前进化。

这样一个商业软件的轮廓是相当清晰的。具有创新精神的威尔·莱特——《模拟城市》的编写者和Maxis公司的创始人以及电子鱼程序的

发行商，甚至想出了一个完美的名字：“达尔文绘图”。在“达尔文绘图”中，你可以草草勾勒出一个新的企业图标。每一条线，每一个点，都被转换成数学函数。当你完成这些后，你就有了一个显示在屏幕上的图标以及电脑中作为基因的一组函数。然后你开始繁育这个图标，任由它进化成你也许从未料想过的奇异设计，并且其精细度也是你力不能及的。起初你在原型附近随机游荡，以寻找灵感；然后你对着某个让你眼前一亮的图案精雕细琢：你调低了变异度，用多配偶方式和反父母方式来进行微调，直至找到最终版本。你现在有了一个精致而使人目眩的艺术品，它的精细阴影和复杂文饰美得让你不敢相信。因为这个图像是基于算法的，它有无限的分辨率；你想把它放到多大就多大，乃至看到任何意想不到的细节。尽情打印吧！

为了演示进化主义的威力，西姆斯把连接机5的标志扫描进他的程序里，用它作为一个起始图像来繁育一个“改良的”标志。与那种了无新意的现代风格不同，它的字母边缘有着有机体一样细密的褶皱。办公室的同仁们非常喜欢这件进化而来的艺术品，他们决定以此图案做T恤衫。“我倒是钟意于进化出领带图案来，”西姆斯笑道。他甚至提议：“试试进化布纹、墙纸或者字体怎么样？”

一直以来IBM都在支持艺术家威廉·拉萨姆的进化实验，因为这个全球化公司意识到这里蕴藏着的商业潜力。拉萨姆认为西姆斯的进化机器是一个“较粗劣、较不易控制”的入门产品，而他的软件对工程师来说则更可控，更加实用。IBM正在把拉萨姆研发的进化方法交给汽车设计师们，让他们用来改变车身外形。他们试图回答的一个问题是进化设计是在原始创意阶段更有用，还是在后面的精细控制阶段更有用，或者两者兼具。IBM打算利用这个技术来实现盈利，而且不止用于汽车产业。他们认为进化的“驾驭”方法对所有涉及大量参数的设计问题都是有帮助的，这些问题往往需要用户“折返”到一个先前的方案。拉萨姆认为进化与包装设计有本质上的相似——外部参数都是固定的（容器的大小和形状），但是内部所能做的却没有一定之规。进

化能够带来多层次的细节，这是人类艺术家永远不会有时间、精力或金钱来做的事。而进化式工业设计的另一个优点是拉萨姆慢慢意识到的：这样的设计模式极其适合群体共享共管。参与的人越多，效果就越好。

人工进化作品的版权问题还处于法律真空中。谁将受到保护，是繁育出作品的艺术家还是编写繁育程序的艺术家？将来，律师可能要求一个艺术家记录下创作进化作品所遵循的轨迹，以此证明他的作品并非复制或归属于形式库的创建者。正如道金斯所指出的，在一个真正巨大的形式库中，一个模式不可能被发现两次。拥有一条通往特定地点的进化路径，就不容置疑地证明了艺术家是最先找到这个目标的原始权利人，因为进化不会两次光顾同一个地点。

## 14.7 穿越随机性

归根结底，繁育一个有用的东西几乎就和创造一个东西一样神奇。理查德·道金斯的论断印证了这点，他说：“当搜索空间足够大时，有效的搜索流程就与真正的创造并无二致了。”在包括一切可能之书的图书馆里，发现某一本特定的书就等同于写了这本书。

人类早在几个世纪前就意识到了这点——远远早于计算机的出现。正如德尼·狄德罗 [\[14\]](#) 在1755年写到的：

书籍的数量将持续增加。可以预见，在未来的某个时刻，从书本中学习知识就如同直接研究整个宇宙一样困难；而寻觅藏身于自然的某个真理也并不比在恒河沙数般的书册里搜求它更麻烦些。

《循环的宇宙》（*The Recursive Universe*）作者威廉·庞德斯通用一个类比来阐述为什么搜索知识所形成的巨大博尔赫斯库与搜索自然本身形成的博尔赫斯库一样困难。想象一座包含所有可能之视频的图书馆。像所有的博尔赫斯空间一样，这个图书馆的绝大多数馆藏品都充满了噪音和随机灰度。通常一盘磁带所能播放出来的只是两个小时的雪花斑点。要找到一盘可以一看的磁带，最大的问题在于，一盘随机磁带除了它本身，无法用占用更少空间或更短时间的符号来表示。博尔赫斯库中的大多数藏品都无法进行哪怕是一点点压缩。（这种不可压缩性正是随机性的最新定义。）要想搜索磁带，你只有去观看带子的内容，因而花在对磁带进行整理上的信息、时间和精力将超过创作这盘磁带的所需，不论这盘带子的内容是什么。

进化是解决这道难题的笨办法，而我们所说的智能恰好就是一条穿堂过室的隧道。当我在博尔赫斯图书馆里搜索《失控》时，如果我足够机敏，说不定要不了几个小时我就已经辨明了绕过图书馆层层书架直捣黄龙的方向了。我可能已经注意到，一般来说，往上次翻过的书的左边去会更有“感觉”。我可能向左跑出去几英里，而这段路程以往需要很多代的缓慢进化才能通过。我也许已经了解了图书馆的架构，并可以预测出所求之书的藏身之处，这样我就可以胜过随机的猜测和乌龟爬一样的进化。通过将进化与对图书馆内在秩序的学习结合起来，我也许能找到我的《失控》。

一些研究人类心智的学生提出了一个强有力的论点：思维是大脑内想法的进化。根据这种主张，所有创造物都是进化出来的。当我写下这些文字时，我不得不承认这一点。我在写这本书之初，脑子里并没有一个成形的句子，完全是随意选了一个“我被”的短语；接着下意识地后面可能用到的一脑袋单词做了个快速评估。我选了一个感觉良好的“封闭”。接着，继续从10万个可能的单词中挑选下一个。每一个被选中的都繁育出可供下一代用的单词，直到我进化出差不多一个

完整的句子来。在造句时，越往后，我的选择就越受到之前所选词汇的限制。所以说，学习可以帮助我们更快地繁育。

但是下一句的第一个单词可能是任何一个单词。这本书的结尾，远在15万次选择之外，看起来如此遥不可及，恍若银河系的尽头。书是遥不可及的。在世上已经写成或将要写成的所有书里，只有在这本里才能找到这句话之前那两个前后相接的句子。

既然我的书已经写了一半了，我就要继续进化文字。我在这一章里将要写下的下一个词是什么呢？说实在的，我一无所知。它们可能是什么？也许有几十亿种可能性——即便考虑到它们受到约束，必须符合上一句的逻辑性。你猜到下一个句子就是这句吗？我也没猜到。但我写到这句结尾时，发现就是它了。

我通过寻找来写作。我在自己的书桌上对它进行进化，从而在博尔赫斯图书馆里找到它。一个单词接着一个单词，我穿行在豪尔赫·路易斯·博尔赫斯的图书馆内。仰仗我们头脑所进行的某种学习和进化的奇妙组合，我找到了我的书。它就在中间那层书架上，几乎齐眉高，座标在52427区的第7个回廊。谁知道它究竟是不是我的书，抑或几乎算是我的书（也许这段或那段略有不同，或者漏掉了一些重要事实）？

这次漫漫搜索给我的最大满足是——不管这本书是珠玉还是敝屣，只有我才能找到它。

---

[1] 这里应该是指“巴别塔图书馆”（The Library of Babel），最早出自博尔赫斯1941年的短篇小说集。

[2] 大千：这里借用了佛教“大千世界”之“大千”。英文原文为universe，意为“宇宙”。

[3] 拓扑（Topology）：数学术语，简单地说，可以将其理解为几何图形的抽象模式。

[4] Hadal：中文意思为“极深处”（海面6000米以下的深处）。

[5] 连接机 (Connection Machine) 系列：包括CM-1, CM-2和CM-5。它把大量简单的存储/处理单元连接成一个多维结构，在宏观上构成大容量的智能存储器，再通过常规计算机执行控制、I/O和用户接口功能，能有效地用于智能信息处理。CM-1由4个象限组成，每个象限包含多达16384个一位处理器，全部处理器则分为4096组，组间形成12维超立方体结构，其集成峰值速度达到每秒600亿次。CM-5的结点数更多，功能更强。该系列对于早期的并行计算机科学有重要意义。

[6] “思维机器”公司 (Thinking Machines)：创办于1982年，1994年破产，由太阳公司 (Sun Microsystems) 收购。

[7] 可能形式库 (library of possible forms)：由所有可能的形式所组成的库。为简洁计，我们后面都使用“可能形式库”这个词。

[8] 遍历 (traverse)：计算机搜索算法中的术语，指按照某种算法，对一个树状结构的每个节点做且仅做一次访问。

[9] BASIC：全名为“Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code”，直译为“适用于初学者的多功能符号指令码”，这正好与其首字母缩写成的英文词有相同的含义。BASIC是计算机发展史上应用最为广泛的高级语言，至今仍然是计算机初学者的入门语言。

[10] 杰克逊·波洛克 (Jackson Pollock, 1912.01.28~1956.08.11)：20世纪美国抽象绘画的奠基人之一。

[11] 反向工程 (Reverse Engineering)：通俗说，就是倒推的办法，即根据结果或输出来推断输入或设计。

[12] 读者可能会有些困惑：狮头、蛇尾、分叉舌，并没有超出父母双方所具有的特性啊！实际上，“内亲”和“外戚”的差别在于，“内亲”是一种线性插值，而“外戚”则不是。狮子和蛇的内亲，有狮头蛇尾，或者有蛇头狮尾，都不足为奇；但狮头里长出分叉舌来，则超出了“线性”变异的范畴，因而不属于“内亲”。相对于可能存在的“外戚”来讲，“内亲”只是极小的一个集合，但由于“内亲”所具有的线性关联性，因而具有很多很好的特性。

[13] 显性基因，隐性基因：举例来说，人的双眼皮基因是显性基因，单眼皮基因是隐性基因。这就意味着，一个单眼皮的人必然有一对单眼皮基因，而一个双眼皮的人，可能有一对双眼皮基因，也可能有一个双眼皮基因和一个单眼皮基因。

[14] 德尼·狄德罗 (Denis Diderot, 1713.10.05~1784.07.31)：法国启蒙思想家、唯物主义哲学家、无神论者和作家，百科全书派的代表，最大成就是主编《百科全书》。

## 第十五章 人工进化

### 15.1 汤姆·雷的电进化机

汤姆·雷<sup>[1]</sup>刚把编写好的小玩意儿放进计算机，它就迅速繁殖起来，直到几百个副本占满了可用的存储空间。雷的小玩意儿勉强算是个试验性的计算机病毒，因为一旦离开他的计算机便不能再复制，所以它没什么危险。他只是想看看，如果病毒必须在一个有限空间里互相竞争，会有什么结果。

雷的世界设计得很巧妙，在病毒老祖宗数以千计的克隆品中，有大约10%在自我复制时发生了微小变异。最初那个家伙是一个“80”——叫这个名字是因为它的编码长度为80个字节。有些80发生了一点随机的变异，成了79或81。这些新病毒中的一些变种不久就接管了雷的虚拟世界。它们进而再变异出更多种类。病毒80几乎被这迅速增长的新“物种”大军逼到濒临灭绝的地步。不过，它挺了过来，在79、51和45这些新面孔出现并达到数量峰值一段时间以后，80又死灰复燃了。

不过区区几个小时，汤姆·雷的电进化机已经进化出了“一锅培养液”，近百种计算机病毒为了在这个与世隔绝的世界中生存而大打出手。在花了几个月的时间编写代码后，雷在他的首次尝试中就孕育出了人工进化。



当雷还是个说话细声细气、腼腆的哈佛本科生时，就曾为著名的蚁人威尔森 [2] 在哥斯达黎加收集蚁群。威尔森的剑桥实验室需要活的切叶蚁群，而雷受雇到中美洲茂密的热带丛林寻找并捕获状态良好的野外蚁群，然后运到哈佛。他发现自己特别擅长做这个工作。他的窍门是以外科医生般的灵巧对丛林土壤进行挖掘，搬走蚁群的核心部分。需要搬走的是蚁后的完整内室，包括蚁后自己、她的看护蚁以及一个储存着足够食物的微型蚁园，以在运输中确保蚁群们不会忍饥挨饿。年轻的新生蚁群是最理想的了。这种蚁群的核心部分正好可以装进一个茶杯里。而另一个技巧就是找出藏在森林植被下的很小的蚁巢。只需几年时间，这个巴掌大小的小蚁群就可以填满一个大房间。

在热带雨林采集蚂蚁的同时，雷还发现了一种不明种类的蝴蝶，它会尾随行军蚁的行军路线。行军蚁吞噬其前进道路上所有动物的残忍习性，会把一群飞虫赶得慌不择路。一种鸟逐渐形成了跟随这个掠食大军的习惯，愉快地享用那些在空中四散奔逃的虫儿。而在紧随行军蚁大军的飞鸟身后，蝴蝶又接踵而至。蝴蝶尾随其后的目的是享用“蚂蚁鸟”的粪便“大餐”——那是产卵所急需的氮的来源。蚂蚁，“蚂蚁鸟”，“蚂蚁鸟蝴蝶”，也许还有谁知道什么玩意儿的東西跟在后面，组成了一支杂牌军，像一群串联好了的吉普赛人一样，浩浩荡荡地横扫这片丛林。

雷被如此精妙的复杂组合折服了。这简直就是一个游牧社会嘛！在无奇不有的天地万物面前，大多数企图了解生态关系的尝试都显得那么可笑。在茫茫宇宙之中，这三个种群（一种蚂蚁、三种蝴蝶、十几种鸟）是如何结成这种奇异的相互依赖关系的呢？为什么会这样呢？

雷在读完博士的时候，觉得生态科学暮气沉沉停滞不前，因为它不能对上面这些重要的问题给出一个满意的答案。生态学缺少好的理论来概括由每一片荒野的观察数据所积累起来的财富。它受到大量局

部知识的困扰：没有一个总体理论，生态学只不过是个充斥着迷人童话的图书馆。藤壶群落的生命周期、毛茛田地的季节性形态变化或山猫家族的行为已是众所周知的了，但是，是什么原则（如果有的话）主导了这三者的变化呢？生物学需要一门关于复杂性的科学来解答这个关于形态、历史和发展的难解之谜——这些都是非常有趣的问题，而且都有野外数据的支持。

和许多生物学家一样，雷也认为生物学的希望在于将其研究重点从生物时间（森林的千年寿命）转移到进化时间（树种的百万年寿命）。进化起码还有一个理论。然而，对细节的过分执着也往往纠缠着进化研究。“我很沮丧，”雷对我说，“因为我不想研究进化的产品——爬藤啊、蚂蚁啊、蝴蝶啊什么的。我想研究进化本身。”

汤姆·雷梦寐以求的是制造一台电进化机。用一个“盛有”进化的黑匣子，他就能阐明生态学的历史法则——雨林是如何由早期森林传承而来，生态系统到底是如何从产生了各种物种的同一原初力量中涌现出来的。如果他能研制出一台进化机，他就会有一个试验台可以用来做真正的生态实验。他可以选择一个群落，以不同的组合一遍又一遍地进行试验，比如说生成没有水藻的池塘，没有白蚁的森林，没有黄鼠的草地，或者为免以偏概全，生成有黄鼠的丛林和有水藻的草地。他可以从制造病毒开始，看看这一切将把他带向何处。

雷以前观察鸟类，收集昆虫，种植花卉——与计算机狂人完全不沾边儿，而他却坚信这样一台机器是能够造出来的。他记得十年前当他向一位麻省理工学院的计算机高手学习日本围棋时，那个高手曾运用生物隐喻来解释游戏规则。雷陈述道：“他对我说，‘你知道吗？编写一个能够自行复制的计算机程序是可行的。’在那一刻，我所憧憬的正是我现在所做的。我问他该怎么做，他说，‘噢，小菜一碟，不值一提。’但是我不记得他说了什么，或者他是否真的懂。当我想起那次谈话时，我就把小说扔到一边，捧起计算机手册来了。”

雷的电进化机方案是从简单的复制体开始，给它们一个舒适的栖息地，以及大量能源和有待填补的空间。和这些家伙最接近的实物是自复制的核糖核酸碎片。这个艰巨任务看上去是可行的。他打算调制一份计算机病毒的培养液。

当时正值1989年，新闻杂志上铺天盖地都是计算机病毒比瘟疫还糟、是技术所能到达的邪恶之极的封面报道。但雷却从计算机病毒的简单代码中窥见了一个新科学的诞生：实验进化与生态学。

为保护外部世界（和保证自己的计算机不会崩溃），雷用一台虚拟计算机来运行他的实验。虚拟计算机是一种在真实计算机的潜意识深处模拟特定计算机的智能软件。通过将那些可自我复制的小家伙们限制在这个影子计算机中，雷把它们与外界隔离，使自己在不危及主机的情况下，能够对计算机内存这样的重要功能胡乱折腾。“看了一年计算机手册之后，我坐下来写代码。两个月后，这小玩意儿跑起来了。在程序运行的头两分钟里，我就已经获得了可以进化的生物。”

雷在他称为“地球”的世界里种下了他编写的一个小玩意儿——80字节的程序代码，并把它放入他的虚拟计算机的内存中。这个小家伙先是找到一块80字节大小的空白内存空间，然后用一份自己的复制品占据这块地盘，从而实现了自我复制。不消几分钟，内存里就满是80的复制品了。

雷增加了两个重要功能，将这台施乐复印机般的复制机改造成一台进化机：他的程序在复制中偶尔会搞乱几位代码，他还赋予这些“生物”中的刽子手以优先权。简言之，他引入了变异和死亡。

计算机科学家告诉过他，如果随意改变计算机代码（他的所有生物实际上都是代码），改变后的程序可能无法正常运行，甚而使计算机崩溃。他们认为通过向编码中随机引入漏洞来获得可运行的程序的概率太低了，他的方案无异于浪费时间。雷其实也知道，维持计算机

运行所需的完美实在是太弱不禁风了——漏洞会杀死进程。不过，由于他的造物程序在他的影子计算机中运行，一旦变异产生一个严重“畸形”的东西，他的刽子手程序——他将其命名为“收割机”——就会将它杀死，而他的“地球”的其余部分则继续运转。“地球”实际上是找出不能复制的漏洞程序，将其从虚拟计算机中拖将出去。

然而“收割机”会放过极少数有效变种，也就是说，那些碰巧形成一个真正的替代程序的变种。这些合法的变种能够复制并产生其他变种。如果你像雷那样将“地球”运行10亿个计算机周期，在这10亿次的机会中，将出现数量惊人的随机产生的东西。为了让系统更有活力，雷还为造出来的小东西们打上了年龄戳记，这样一来，老一些的家伙就会死亡。“收割机既杀死最老的家伙，也杀死最捣蛋的家伙。”雷笑着说。

在“地球”的首轮运行中，随机变异、死亡和自然选择都起了作用。没几分钟，雷就见证了一个生态系统的诞生——这个系统由那些新的生物组成，它们为抢夺计算机周期而竞争。竞争奖励个头小的家伙，因为它们需要的周期更少，而残酷的达尔文进化论淘汰的则是贪婪的消耗者、体弱多病的物种和老家伙。物种79（比80少一个字节）是幸运的。它的工作卓有成效，很快就超过了80。

雷还发现了非常奇怪的东西——一种只有45个字节的变种。它的代码效率极高，数量上也超过了所有其他变种。“这个系统自我优化的速度之快令我震惊，”雷回忆说，“系统中的存活者有着越来越短的基因，我可以用图把这个速度描绘出来。”

在对45的代码做进一步考察时，雷惊奇地发现它是一只寄生虫。它只包含了生存所需的代码。为了繁殖，它“借用”了80的繁殖代码来复制自己。只要周围有足够的80宿主，45就会兴盛起来。但是，如果在有限的范围内45太多了，就不会有足够的80提供复制源。随着80的

减少，45也减少了。这对舞伴跳着共同进化的探戈，进进退退，就像北部森林中的狐狸和兔子一样。

“所有成功的系统都会吸引寄生虫，这似乎是生命的普遍属性。”雷提醒我说。在自然界寄生虫如此常见，以至于宿主很快就共同进化出针对它们的免疫力。寄生虫随之进化出骗过那种免疫力的策略。结果宿主再共同进化出抵制它们的防御能力。实际上这些行动并不是交替出现的，而是两股持续相互作用的力量。

雷学会了用寄生虫在“地球”中进行生态实验。他把79装到他的“培养液”里，因为他觉得79可能对寄生虫45免疫。的确如此。不过随着79的兴旺，第二种能够捕食它们的寄生虫进化出来。这一种有51字节长。当雷为它的基因排序时，他发现，45之所以能变成51，正是由一个“基因事件”所引起的：“7个出处已无从考究的指令取代了45中间段某处的一个指令，”把一个丧失能力的寄生虫变成了强有力的新物种。但这还不算完——一个对51具有免疫力的新物种进化了出来，而这样的过程还在继续。

在运行了很长时间的“培养液”中，雷发现了以其他寄生虫为宿主的超寄生虫：“超寄生虫就像是从你家的电线上偷电的邻居。他们用你的电，你付电费，而你还蒙在鼓里。”在“地球”里，像45这样的有机体发现自己无需“携带”大量代码来复制自己，因为它们周围有足够的代码。雷俏皮地说：“这就像我们利用其他动物的氨基酸一样（在我们吃它们的时候）。”在进一步检查中，雷发现超-超寄生虫兴旺起来，寄生升级到了第三重。他发现了“社交骗子”——这种生物利用两个合作的超寄生虫的代码（“合作”的超寄生虫彼此还相互偷窃！）。社会骗子需要相当发达的生态环境。至于超-超-超寄生虫，虽然还没看到，不过也许已经有了。在他的世界里，这种不劳而获的游戏也许永无止境。

## 15.2 你力所不逮的，进化能行

雷所发现的“生物”是人类程序员无法编写出来的。

“我从编写80字节的東西开始，”雷回忆说，“因为那是我能拿出来的最佳设计了。我猜想或许进化能把它降到75字节左右，于是就让程序运行了一整夜。结果第二天早上就出现了一个新东西——不是寄生虫，而是某种能完全自我复制的东西——它只有22字节！令我大惑不解的是，在没有像寄生虫那样盗用别人指令的情况下，一个电脑病毒是怎样仅通过22个指令就做到自行复制的呢？为了和他人分享这个新发现，我把它的基本算法发到网上。麻省理工学院一位计算机专业的学生看到了我的解释，但不知怎么却没有得到病毒22的代码。他试图手工重新创造它，但是他的最好成绩也需要31条指令。当他得知我是在睡觉时得到22条指令的时候，他沮丧极了。”

人类力所不逮的，进化却能做到。雷在一台显示器上展示了22在培养液中繁殖倍增的踪迹，以作为他的陈述的最佳诠释：“想想看，随机地改动程序竟然能胜过精雕细琢的手工编程，这听上去挺荒谬的，可这就是一个活生生的例子。”这位旁观者突然明白了，这些“没脑子”的黑客具有的创造力是永无止境的。

因为病毒要消耗计算机周期，所以较小（指令集更短）的病毒就有一定的优势。雷重写了“地球”的代码，使系统根据病毒大小按比例为其分配计算机资源，大病毒得到更多周期。在这种模式下，雷的病毒们所栖息的是一个不偏不倚的世界。正因为这个世界对大小病毒一视同仁，因此长期运行也许会更有意义些。有一次雷将它运行了150亿个计算机周期。在大约第110亿个周期左右，诞生了一种长度为36字节的病毒，它可是聪明得近乎狡诈了。它计算自己的真实尺寸，然后在“尾部”（我们姑且用这样的称谓吧）将长度值向左移了一位，在二进制中，这就相当于翻倍。靠着谎报自己的尺寸，病毒36神不知鬼不

觉地窃取了病毒72的资源，这就意味着它得到了两倍于实际所需的中央处理器时间。这个变种自然横扫了整个系统。

也许汤姆·雷的电进化机最惊人的事情是它创造了性。没人告诉它什么是性，然而它还是发现了它。在一次实验中，为了看看关闭变异功能会产生什么结果，雷让“培养液”在没有外加错误的情况下运行。结果让他大吃一惊，即便没有程序变异，进化仍然发生了。

在真实的自然生活中，性是远比变异更重要的变化来源。性，从概念上讲，是遗传重组——一些来自父亲的基因和一些来自母亲的基因结合成为后代的全新基因组。在“地球”中，寄生虫有时会在无性繁殖中“借用”其他病毒的复制功能，而“收割机”有可能在这个过程中碰巧杀死了宿主，宿主原有的空间被新病毒占用。发生这种情况的时候，寄生虫就会使用新病毒的部分代码，以及“死去”病毒被打断了的部分复制功能。由此产生的后代是个未经刻意变异而产生的天然的新组合。（雷还说这种古怪的繁殖“相当于和死人发生性关系！”）在雷的“培养液”里，这种中断式交配其实一直都在发生，但只有当他关闭变异功能时，他才注意到这点。原来，不经意的重组本身就足以推动进化。死亡时生物所栖息的内存空间中就会有足够的不规则性，而这种复杂性提供了进化所需的多样性。从某种意义上说，系统进化出了变异。

对科学家而言，雷的人造进化机最令人欣喜之处在于，他的小世界展示的似乎是间断平衡。在相对较长的时期里，种群比例保持着一个相对稳定的局面，只是偶尔有物种灭绝或新物种诞生。接着，几乎是一眨眼功夫，这种平衡就立刻被一阵翻江倒海般的新老物种交替给打断了。对一个较短的时间来说，变化是狂暴而不受约束的。接着事情解决了，静止和平衡再次成为主宰。化石研究显示，这种形式在地球上的自然界中占压倒优势。静止是常态；而变化总是突如其来。在进化的其他计算机模型中也能看到同样的间断平衡方式，比如克里斯



蒂安·林格伦的囚徒困境式的共同进化世界。如果人为进化反映了生物进化，你肯定想知道，如果雷让他的世界永远运行下去，会出现什么状况？他的病毒怪物会创造出多细胞吗？

遗憾的是，雷从来没有将他的世界以马拉松的方式运行过，去看看几个月或者几年之后会发生些什么。他还在不停地摆弄着他的程序，对其进行改进，以使之能够收集长期运行所产生的海量数据（每天50兆字节）。他承认：“有时，我们就像一群有一辆车的男孩子。我们总是在车库里打开发动机罩，把引擎零件拿出来摆弄，但是我们几乎从不开车，因为我们太执着于加大马力了。”

事实上，雷正专注于开发一种新硬件，那应该是一种新技术。雷认为他可以将虚拟计算机和为它编写的基本语言“烧制”进一块计算机芯片——一块进化用的硅片。这个现成的达尔文进化芯片就成了可以插进任何计算机的模块，它会为你迅速繁殖东西。你可以演化出代码，或子程序，或许甚至可能是整个软件程序。“我发现这相当奇怪，”雷吐露道，“作为一个热带植物生态学家，我竟然搞起了计算机设计。”

达尔文进化芯片可能带来的前景是美妙的。设想在你的个人计算机中就有一块，而在你的计算机中使用的文字处理软件是微软的Word。由于达尔文进化论常驻操作系统，Word会随着你的工作而进化。它会利用处理器的空闲周期，以缓慢的进化方式自我改善和学习，使自己适应你的工作习惯。只有那些提高了速度和准确性的改变会保留下来。不过，雷深信应该将杂乱无章的进化与工作分割开。“你应该把进化与终端用户分开，”他说。他设想在后台离线进行“数字耕牧”，这样一来，进化中不可或缺的错误和失败就不会为用户所见；在用户的使用过程中，进化也处于“休眠”状态。

进化在市面上也算不上天方夜谭了。今天你就能买到类似功能的电子表格模块。它的名字就叫作“进化者”。“进化者”是苹果电脑上的

电子表格模板——非常复杂，密密麻麻有数百个变量和“假设”函数。工程师和数据库专家们都使用它。

比如说，你有三万名病人的医疗记录。你可能很想了解一个典型患者的症状。数据库越大，想看到你存在特定位置的数据就越困难。大多数软件都能计算平均值，但是凭这并不能抽取出一个“典型”患者。你想了解的是，在收集到的几千种类别的数据中，哪一套量测值对最多数人群来说具有相似的意义。这是一个对海量交互变量进行优化的问题。对任何生物来说，这都是一个再熟悉不过的问题：如何将成千上万个变量所输出的结果最大化呢？浣熊必须确保自己的生存，但是有上千种变量（脚的大小，夜视能力，心率，皮肤颜色等）可以随时间推移而发生变化，且一个参数的改变会引起另一个参数的改变。要想穿过这片包含各种可能结果的广阔空间，并且还留有些许登顶的希望，唯一的方法就是进化。

“进化者”软件对最大多数患者的最宽泛的病历进行优化。它尝试给出一名典型患者的基本描述，然后检查有多少患者符合这份描述，再对病历进行多纬度改进，看看是否有更多患者与之相符，然后修改、选择、再修改，直至最大数量的患者符合这份描述。这项工作特别适合进化。

计算机科学家把这个过程叫作“爬山法”。进化程序试图在包含最优解的形式库中向顶峰攀升。通过持续不断地向更好的解决方案推进，程序一直向上攀登，直到不能爬得更高。在那一点上，它们就到达了峰顶——一个极大值。然而始终有个问题：这个峰顶是周围最高的吗？或者，程序是否被困在一个局部高点，与旁边高得多的峰顶只有一条峡谷之隔，却又无从回退？

找到登上一处高点的路径并不难。自然界中的进化和计算机中的进化程序所擅长的，是在山峦起伏、一山更比一山高的地形中，爬到全局意义上的至高点——主峰。

## 15.3 并行实施的盲目行为

从外表看很难判断约翰·霍兰德的真实年龄。他曾经摆弄过世界上最早的计算机，现在则任教于密歇根大学。他首次提出了一种数学方法，用以描述进化所具备的优化能力，并且该方法可以轻松地在计算机上编程实现。因其数学形式在某种程度上类似于遗传信息，霍兰德把它们称为遗传算法 [3]。

和汤姆·雷不同，霍兰德从性开始入手。霍兰德的遗传算法选取两组类似于DNA的计算机代码，这两组代码在问题求解上都有不错的效果，然后以交配互换的方式将它们随机重组，看看新的代码会不会表现得更好一点。在设计系统时，和雷一样，霍兰德必须克服一个悬而未决的问题：对于任何随机生成的计算机程序来说，往往都谈不上什么好坏，而是根本就不靠谱。从统计学的意义上说，对可用代码做随机变异，结局注定是屡战屡败。

早在20世纪60年代初理论生物学家就发现，与突变相比，交配所产生的实用个体比例更高，因而以其为基础的计算机进化也更稳定和生命力。但是，单靠有性交配，其结果很受局限。20世纪60年代中期，霍兰德发明了遗传算法；遗传算法中起主要作用的是交配，但突变也是幕后策划者之一。通过将交配与突变结合在一起，系统变得灵活且宽泛。

和其他具有系统观念的人一样，霍兰德认为大自然的工作和计算机的任务是相似的。“生物体是高明的问题解决者，”霍兰德在他的工作总结中写道，“它们所展示出来的多才多艺使最好的计算机程序都为之汗颜。”这个论断尤其令计算机科学家们感到难堪。他们可能经年累月地在某个算法上绞尽脑汁，而生物体却通过无目标的进化和自然选择获得了它们的能力。

霍兰德写道，进化的方法“排除了软件设计中最大的一个障碍：预先规定问题的所有特征”。如果你有许多相互矛盾而又彼此关联的变量，而目标定义又很宽泛，可能有无数个解，那么进化正是解决之道。

正如进化需要大量的个体才能发挥效用一样，遗传算法也要炮制出数量庞大的代码群，并且这些代码们同时进行处理数据和发生变异。遗传算法实际上是一大群略有差别的策略，试图在崎岖的地形上同时攀爬不同的峰顶。由于大量代码并行作业，因而能同时访问该地形的多个区域，确保它不会错过那真正的高峰。

隐含的并行主义是进化过程确保其不单攀上高峰、而且是最高峰的魔力所在。如何找出全局最优值？通过同时考察整个地貌的每一寸土地。如何在复杂系统中对上千个相互冲突的变量做出最佳平衡？通过同时尝试上千种组合。如何培养出能在恶劣条件下生存的生物体？通过同时投入一千个略有差异的个体。

在霍兰德的算法中，那些“处在最高处”的代码们彼此交配。换句话说，“地势高”的区域，交配率就高。这便将系统的注意力集中到最有前途的区域，同时，对那些没有希望的地区，系统则剥夺了它们所占用的计算周期。这样，并行主义既做到了“天网恢恢，疏而不漏”，又减少了寻找顶峰所需要的代码数量。

并行是绕过随机变异所固有的愚蠢和盲目的途径之一。这是生命的极大讽喻：一个接一个地重复盲目行为只能导致更深层的荒谬，而由一群个体并行执行的盲目行为，在条件适合时，却能导出所有我们觉得有趣的东西。

约翰·霍兰德在20世纪60年代研究适应机制时发明了遗传算法。而直到20世纪80年代末，他的成果都没有引起任何关注，除了12个异想天开的计算机研究生。其他几个研究者，如工程师劳伦斯·福格尔 [\[4\]](#)

和汉斯·布雷默曼 [5]，在20世纪60年代独立开展了种群的机械式进化研究；现在密歇根州韦恩州立大学工作的计算机科学家迈克尔·康拉德，在20世纪70年代也从对适应的研究转向了为种群进化建立计算机模型；他们都受到了同样的冷落。总之，这项工作在计算机科学领域里可以说是默默无闻，而生物学界对它更是一无所知。

在霍兰德关于遗传算法和进化的书《自然与人工系统中的适应》（*Adaptation in Natural and Artificial Systems*）于1975年问世前，只有两三个学生写过关于遗传算法的论文。直到1992年再版时，这本书只卖出2500本。在1972年至1982年间，整个科学界关于遗传算法的文章不超过二十几篇，更遑论有什么对计算机进化顶礼膜拜的追随者了。

生物学界对此缺乏兴趣尚情有可原（但也不是什么光彩的事情）；生物学家认为自然界太复杂，难以用当时的计算机来展现其真实全貌。而计算机科学对此兴趣寥寥，就莫名其妙了。我在为本书做调研时经常感到困惑，像计算进化这样重要的方法为什么竟无人理睬呢？现在我相信，这种视而不见的根源，在于进化所固有的看上去杂乱无章的并行性，以及它与当时盛行的计算机信条——冯·诺依曼串行程序——在根本上的抵触。

人类的第一台电子计算机叫作电子数值积分计算器 [6]，是1945年为解决美军的弹道计算问题而研发的。电子数值积分计算器是一个由1.8万支电子管、7万个电阻和1万个电容构成的庞然大物。它需要6000个手动开关来设置指令，然后运行程序；各个数值的计算实际上是以并行方式同时进行的。这对编程来说是个负担。

天才的冯·诺依曼从根本上改变了这种笨拙的编程系统。电子数值积分计算器的接替者——离散变量自动电子计算机 [7]，是第一台可运行存储程序的通用计算机。冯·诺依曼24岁那年（1927年）发表了他的第一篇关于数学逻辑系统和博弈论的学术论文，自那时起，他就一

直在考虑系统逻辑问题。在与离散变量自动电子计算机小组共事时，为了应付计算机编程在求解多问题时所需的复杂运算，他发明了一种方法来控制这些运算。他建议将问题分成离散的逻辑步骤，类似于长除法的求解步骤，并把求解过程的中间值临时储存在计算机中。这样一来，那些中间值就可以被看成是下一部分问题的输入值。通过这样一个共同演化的循环（现在称为子程序）来进行计算，并将程序逻辑储存在计算机中以使它能与答案交互，冯·诺依曼能将任何一个问题转化成人脑所能理解的一系列步骤。他还发明了描述这种分步线路的标记法：即现在大家所熟悉的流程图。冯·诺依曼的串行计算架构——一次执行一条指令，其普适性令人惊叹，并且非常适合人类编程。1946年冯·诺依曼发表了这个架构的概要，随后所有的商用计算机都采用了这个架构，无一例外。

1949年，约翰·霍兰德曾效力于离散变量自动电子计算机的后续项目“旋风计划”<sup>[8]</sup>。1950年，他参加了IBM“国防计算机”的逻辑设计团队，这款机型后来演变成IBM 701机，是世界第一部商用计算机。当时的计算机有房间那么大，耗电量惊人。到了50年代中期，霍兰德加入了一个带有传奇性的圈子，里面都是些思想深邃之人，他们开始讨论人工智能的可能性。

当赫伯特·西蒙和艾伦·纽厄尔<sup>[9]</sup>这样的学界泰斗把学习看作高贵和高等的成就时，霍兰德却把它看作光鲜外表下的低端适应。霍兰德认为，如果我们能理解适应性尤其是进化的适应性，就可能理解甚至模仿有意识的学习。尽管其他人有可能意识到进化与学习之间的相似之处，然而在一个快速发展的领域里，进化并不太为人所关注。

1953年，霍兰德在密歇根大学数学图书馆漫无目的地浏览时，偶然发现了一卷由R.A.费希尔<sup>[10]</sup>写于1929年的《自然选择的遗传理论》（*Genetical eory of Natural Selectionn*），顿时大受启发。达尔文引领了从对生物的个体研究到种群研究的转向，而把种群思维转变为

定量科学的则是费希尔。费希尔以一个随时间推移而进化的蝴蝶族群为对象，将其看作是一个将差别信息并行传遍整个族群的整体系统。他提出了控制信息扩散的方程。通过驾驭自然界最强大的力量——进化，以及人类最强有力的工具——数学，费希尔单枪匹马开创了一个人类知识的新世界。“我第一次意识到能对进化进行有意义的数学运算。”霍兰德回忆起那次奇妙邂逅时说。“那个想法对我非常有吸引力。”霍兰德如此醉心于将进化作为一种数学来处理，以至于（在复印机还没有问世的当时）拼命想搞到绝版的全文。他恳求图书馆把书卖给他，但没有成功。霍兰德吸取了费希尔的见解，又将其升华为自己的构想：一群协处理器，在计算机内存的原野上，如蝴蝶一般翩翩起舞。

霍兰德认为，人工学习其本质上是适应性的一个特例。他相当确定能在计算机上实现适应性。在领悟了费希尔关于进化是一种概率的洞见后，霍兰德着手尝试把进化编为代码输入机器。

在尝试之初，他面临着一个两难处境：进化是并行的处理器，而所有可用的电子计算机却都是冯·诺依曼式的串行处理器。

在把计算机变为进化平台的迫切愿望下，霍兰德做了唯一合理的决定：设计一台大规模并行计算机来运行他的实验。在并行运算中，许多指令同时得到执行，而不是一次只执行一个指令。1959年，他提交了一篇文章，其内容正如其标题所概括，介绍了“能同时执行任意数量量子程序的通用计算机”<sup>[11]</sup>，这个机巧装置后来被称为“霍兰德机”。而等了差不多30年，一台这样的计算机才终于问世。

在此期间，霍兰德和其他计算进化论者不得不依赖串行计算机来培育进化。他们使出浑身解数在快速串行处理器上编程模拟一个缓慢的并行过程。模拟工作卓有成效，足以揭示出真正并行过程的威力。



## 15.4 计算中的军备竞赛

直到20世纪80年代中期，丹尼·希利斯才开始建造第一台大规模并行运算计算机。其实早在几年前，希利斯就已是一个计算机科学专业的神童了。他的那些恶作剧和黑客事迹即使在麻省理工这个号称黑客鼻祖的学校中也颇具传奇性。希利斯以其惯有的清楚明了向作家史蒂文·列维[\[12\]](#)总结了冯·诺依曼计算机的瓶颈所在：“你为计算机输入的知识越多，它运行得越慢。而对人来说，你给他的知识越多，他的头脑越敏捷。所以说我们处在一种悖论之中，你越想让计算机聪明，它就变得越愚笨。”

希利斯真正想做的是生物学家，而他理解复杂程序的特长却将他吸引到麻省理工学院的人工智能实验室。在那里，他最终决定尝试设计一台“会成为我的骄傲”的思考型计算机。他把设计一个无法无天、三头六臂的计算机怪兽的开创性想法归功于约翰·霍兰德的启发。最终希利斯领导的小组发明了第一台并行处理计算机——“连接机”。1988年，每台“连接机”可卖得一百万美元高价，赚得盆满钵满。有了机器，希利斯就开始认真地从事计算机生物学研究了。

“我们知道，只有两种方法能制造出结构极其复杂的东西，”希利斯说，“一个是依靠工程学，另一个是通过进化。而在两者中，进化能够制造出更加复杂的东西。”如果靠设计不能制造出令我们骄傲的计算机，那我们就不得不依靠进化。

希利斯的第一台大规模并行“连接机”能使64000个处理器同时运行。他迫不及待地要启动进化，于是给计算机注入了64000个非常简单的程序。和霍兰德的遗传算法或雷的“地球”一样，每一个个体都是可以发生变异的一串符号。不过，在希利斯的“连接机”中，每个程序都有专门的处理器来对其进行处理。因此，种群能极其迅速地做出反应，而其数量之多，是串行计算机根本不可能做到的。

在他的培养液里，最初的“小家伙”都是些随机的指令序列，但是经过几万代进化，它们就变成能将一长串数字进行排序的程序（排序体）。大多数较大型的软件都会包含这样的排序例程。多年来，在计算机科学领域有无数的人力花费在设计最有效的排序算法上。希利斯让数千个排序体在计算机中增殖，随机变异，偶尔进行有性基因互换。然后，正如通常的进化策略一样，他的系统会测试这些程序，终止那些效率低下的，只有最短的（最好的）排序体才有复制的机会。经过上万代的循环后，他的系统培育出一种程序，它几乎和由人类程序员编制的最佳排序程序一样短。

接着，希利斯重新开始试验，不过这次有一个很重要的不同：允许在对进化的排序体进行测试时，测试程序（测试体）本身也可以发生变异。用来测试的字符串可以变得更复杂，以抵制那些简单的排序体。排序体必须瞄准一个移动的目标，而测试体则需要躲避一支会转向的利箭。事实上，希利斯将测试用的数字列表从一个僵化被动的环境转变成了一个积极主动的有机体。就像狐狸和野兔、黑脉金斑蝶和马利筋一样，排序体和测试体也构成了经典的共同进化关系。

希利斯骨子里还是个生物学家，他把不断变异的测试体看成是一个试图干扰排序程序的寄生生物，把他的世界看成是一场军备竞赛——寄生虫进攻，宿主防卫，寄生虫反攻，宿主防守反击，如此循环。传统观念认为，这种胶着的军备竞赛是在愚蠢地浪费时间，或难逃陷入泥潭的厄运。然而希利斯发现，寄生虫的引入并没有妨碍排序体的发展，恰恰相反，它加快了进化的速率。寄生虫式的军备竞赛也许很丑陋，但它们大大加快了进化的速度。

和汤姆·雷一样，丹尼·希利斯也发现进化能超越通常的人类能力。在“连接机”中发展起来的寄生虫，刺激了排序体去设计更有效的解决办法。在共同进化了1万个周期之后，希利斯的小怪物们进化出一种计算机科学家们前所未见的排序体。最具讽刺性的是，它刚好比人类设

计的最短算法少一步。看似愚钝的进化设计出了一个独具匠心又非常有效的软件程序。

“连接机”中的单个处理器很愚蠢，智力跟一只蚂蚁差不多。不管花上多少年时间，单个处理器都无法独自想出任何问题的独创性解决办法。即使把64000个处理器串到一起也好不了多少。

而当64000个又蠢又笨的蚂蚁大脑形成相互联结的庞大网络时，它们就构成了一个进化的种群，看起来就像大脑里的一大堆神经元。那些使人类精疲力尽的难题，却往往在这里得到绝妙的解法。这种“海量连接中涌现出秩序”的人工智能方法便被冠以“连接主义”的名号。

早期认为进化与学习紧密相关的直觉又被连接主义重新唤醒了。探索人工学习的连接主义者通过将愚钝的神经元联结成巨大的网络而大展拳脚。他们研发了一种基于联结的并行处理方法——在虚拟或硬件实现的并行计算机上运行——与遗传算法相似，它能同时进行大量的运算，不过它的评估机制更加精密（更聪明）。这些大大“开窍”了的网络被称为神经网络。迄今为止，神经网络在产生“智能”方面所取得的成就还很有限，尽管它们的模式识别能力非常有用。

然而，一切事物均来自低等连接这一理念着实令人惊诧。网络内部究竟发生了什么神奇变化，竟使它具有了近乎神的力量，从相互连接的愚钝节点中孕育出组织，或是从相互连接的愚笨处理器中繁育出程序？当你把所有的一切联结到一起时，发生了什么点石成金的变化呢？在上一分钟，你有的还只是由简单个体组成的乌合之众；在下一分钟，联结之后，你却获得了涌现出来的、有用的秩序。

曾有那么一瞬间，连接主义者猜想：也许创造理智与意识所需要的一切，不过就是一个够大的互相连接的神经元网络，理性智能可以在其中完成自我组装。甫一尝试，他们的这个梦就破灭了。

但是人工进化者们仍然在追寻着连接主义的梦想。只是，和着进化的缓慢节奏，他们会更有耐心。而这缓慢的、非常缓慢的进化节奏着实令我不安。我这样向汤姆·雷表达我的忧虑：“现成的进化芯片和并行进化处理机让我有些焦虑，因为进化需要的时间多得令人难以置信。这个时间从何而来？看看大自然的运行速度，想一下，在我们谈话期间，有多少微小分子被吸附到一起。大自然的并行速度之快、规模之广之大令人难以置信，而我们却打算尝试超越它。在我看来，根本就没有足够的时间能做成这件事。”

雷回答道：“哦，我也有同样的焦虑。但另一方面，让我惊讶的是，在我的系统里即使仅靠一个虚拟处理器，进化也能进行得如此之快。再者，时间是相对的。进化的时间尺度是由进化中一代的时间跨度来决定的。对人类来说，一代是30年，但对我的小东西们来说，一代就是几分之一秒。而且，当我扮演上帝时，我能加快整体的突变率。我不敢肯定，但是也许我可以在计算机上得到更多的进化。”

在计算机上进行进化还有其他的原因。比如，雷能记录每个“小东西”的基因组序列，保存完整的人口统计和种群谱系。它生成大量数据，而在现实世界中根本无法收集这些数据。尽管随着人造世界复杂性的激增，提取信息的复杂性和成本也会激增，但做起来仍可能比无法掌控的有机世界更容易些。正如雷告诉我的那样，“即使我的世界变得像真实世界一样复杂，但我是上帝，我无所不知。我能获取任何我感兴趣的信息而不打扰它，也不用走来走去踩坏植物。这是一个根本的不同。”

## 15.5 驾驭野性的进化

回到18世纪，本杰明·富兰克林很难让朋友们相信，他实验室里产生的微弱电流与荒野中发生的雷电本质上是一回事。部分原因是由于

他的人工电火花与撕裂天空的巨型闪电相比根本不在一个级别上，但更主要的原因是，那些旁观者们认为，富兰克林所声称的再现自然有违常理。

今天，汤姆·雷也难以让他的同事们信服，他在实验室里人工合成的进化与塑造自然界动植物的进化本质上是相同的。他的世界里几个小时的进化与蛮荒大自然中数十亿年的进化在时间尺度上的差别也只是部分原因；最主要的是，怀疑者们也认为，雷所声称的再现一个难以明了的自然过程是有违常理的。

在富兰克林之后200年，人工生成的可驾驭和可度量的闪电通过电线被导入建筑物和工具，成为社会尤其是数字社会中最重要组织力量。再200年后，可驾驭和可度量的人工适应也将被导入各种机械设备，成为我们社会的主要组织力量。

还没有一个计算机科学家可以合成出符合预期的、无比强大的、能带来翻天覆地变化的人工智能。也没有一个生物化学家能够创造出人工生命。然而，雷和一些人已经捕捉到了进化的一角，并按照他们各自的需求来再现进化。许多技术人员相信，星星之火必将燎原，我们所梦寐以求的人工生命和人工智能都将由此而来。与其制造，不如培育。

我们已经运用工程技术造出了尽可能复杂的机器。如今，我们所面对的项目——数千万行代码的软件程序，覆盖全球的通讯系统，必须适应迅速变化的全球购买习惯并在几天内更新设备的工厂，价廉物美的机器人——其复杂度只有进化才能搞定。

由于进化是缓慢的、无形的和冗长的，因而在这个快节奏的、咄咄逼人的人工机器世界里，进化恍若一个难以察觉的幽灵。但我更愿意相信，进化是一种能被容易地转化为计算机代码的自然而然的技

术。正是进化与计算机之间的这种超级兼容性，将推动人工进化进入我们的数字生活。

## 15.6 进化聪明分子的愚钝科学家

不过，人工进化不仅限于硅片。只要是工程方法一筹莫展的地方，都可以导入进化。生物工程这种尖端领域已经采用了合成进化技术。

这是一个来自真实世界的问题。你需要一种药物来抗击刚刚分离出机理的疾病。把这个疾病机理看作是一把锁。你所需要的是一把正确的钥匙——一种药，来打开这把锁。

有机分子的构成非常复杂。它们由数千个原子组成，其排列方式多达数十亿种。仅仅知道一种蛋白质的化学成分对我们了解其结构没有太大帮助。长长的氨基酸链层层叠叠绕成一团，而热点 [\[13\]](#)——蛋白质的活跃部分——恰好处于外侧面的合适位置上。这种折叠蛋白质的方式就好比将一条一英里长、上面用蓝色标记了6个点的绳子绕成一团，使6个蓝色的点都落在不同的外侧面上。缠绕的方式不计其数，但是符合要求的却没有几个。你甚至无从知道一种方式是否接近答案——除非你已经快完成了它。变化是如此之多，纵使穷尽地老天荒也无法一一试遍。

制药商们通常有两种手段来对付这种复杂性。过去，药剂师靠的是碰运气。他们试遍所有从自然中发现的化学物质，看看哪一个可以解开这把给定的锁。一般都会有一两种天然化合物能够部分地发挥效用——这也算是获得了钥匙的一部分。今天，在工程学时代，生物化学家们试图破译基因代码和蛋白质折叠之间的路径，看是否能够通过工程方法设计出构建分子所需的步骤。尽管有些许成功的例子，但蛋白

质折叠和基因路径仍然因过于复杂而难以控制。因而，这种被称为“合理化药物设计”的逻辑方法，实际上已经撞上了工程方法所能处理的复杂性的极限。

自20世纪80年代末起，世界各地的生物工程实验室都开始致力于完善另一种我们用来创造复杂体的工具——进化。

简单地说，进化系统产生出数十亿随机分子，并用来试着开锁。在这数十亿个平凡的候选者中，也许只有一个分子的一部分与这把锁的6个点之一相合。这把“亲和”钥匙便被保留下来，其余的则被无情地淘汰。接着，由幸存下来的“亲和”钥匙又繁育出数十亿个新变种，同时与锁相合的那个点保持不变（称为绑定），再被用来试那把锁。也许此时又能发现一把可以匹配两个点的“亲和”钥匙。这把钥匙就作为幸存者保留下来，其余的则死去。幸存者繁育出数十亿个变种，最般配的后代将存活下去。这种淘汰-变异-绑定的过程重复几代后，这个分子繁育程序就会找到一种药——或许是救命药，与锁的所有点都相契合。

几乎任何一种分子都能被进化。譬如说，生物技术人员能进化出一种改进版的胰岛素。他们将胰岛素注入兔子体内，兔子的免疫系统会对这种“毒素”产生抗体（抗体是毒素的互补构型 [\[14\]](#)）。接下来，将这种抗体提取出来，注入进化系统。在进化系统中，抗体就好比是测试用的锁。经过几代进化之后，生物技术人员可以得到抗体的互补构型，实际上也就是胰岛素的替代版。这种替代版极具价值。天然药物的替代品具备诸多优势：它们可能更小；更容易注入身体；副作用更小；更容易制造；或靶向更精准。

生物进化者们还可以进化出一种对抗肝炎病毒的抗体，然后再进化出一种与抗体相配的仿肝炎病毒。被选中的病毒并非完美的变种，而是缺失了一些可引发致命症状的活性点。这种有缺陷、无能力的替



代品就是所谓的疫苗。因而，疫苗也可以通过非工程的方法进化出来。

所有药物制造的常规逻辑在进化方法面前都不再适用。进化出来的分子与合理化设计出来的药物在效果上并无二致。唯一不同的是，我们对其功效的原理和方式一无所知。我们只知道它通过了所有的测试。这些发明出来的药物已经超出了我们的理解力，它们是“非理性设计”的产物。

药物进化允许研究人员不明就里，而进化本身却慢慢聪明起来。印地安那州立大学的进化生物化学家安德鲁·埃林顿（Andrew Ellington）告诉《科学》杂志，在进化系统中“要让分子告诉你有关它的事情，因为它比你更了解自己。”

繁育药物可以使医学受益。但药物与软件不同。我们也许可以繁育软件，然后将系统交到它的手里，任由其自行繁育，走向无人知晓的境界。但我们能否让分子也走上这条不知通往何处的进化之路呢？

答案是肯定的，但这也会是一项艰巨的任务。汤姆·雷的电进化机偏重于处理可遗传的信息，却忽略了机体；而分子进化则偏重于机体，却忽略了可遗传的信息。单纯的信息本身很难消除，而没有死亡就没有进化。肌肉和血液之所以对进化非常有帮助，正是因为机体提供了一个让信息死去的便捷方式。任何能将可遗传信息与可消亡机体合二为一的系统都具备了进化系统的要素。

圣地亚哥的生物化学家杰拉尔德·乔伊斯研究的是早期生命化学。他提出了一种简单的方法，能够将信息和机体这对进化的双重本质融入到一个强健的人工进化系统中：他在一个试管里再现了可能是地球生命的早期阶段——“核糖核酸 [\[15\]](#) 世界”。

核糖核酸是非常精密的分子系统。它并不是最早的生命系统，但地球生命发展到某个阶段几乎必然成为核糖核酸生命。乔伊斯说：“生物学中的一切迹象都表明，39亿年前的地球是由核糖核酸来唱主角。”

核糖核酸有一个独一无二的优势，是我们所知的任何其他系统都不具有的。它能同时兼任机体和信息两个角色——既是表现形式，又是内在成因；既充当信使，又是信息。一个核糖核酸分子既要担当起与世界互动的职责，又要完成延续世界的重任，至少要把信息传递给下一代。尽管身负重任，核糖核酸仍然是一个极为紧凑的系统，开放式的人工进化正可以由此展开。

斯克里普斯研究所座落在加利福尼亚州圣地亚哥市附近的海边，是一座雅致时髦的现代化实验室。在这里，杰拉尔德·乔伊斯带着一小群研究生和博士后进行他的进化实验。在塑料试管的底部有少许液滴，体积还赶不上顶针大小，这就是他的核糖核酸世界。几十支这样的试管放在冰桶里，需要进化的时候，就把它加热到身体的温度。一旦暖和起来后，核糖核酸能在一小时内产生出十亿个副本。

“我们所拥有的，”乔伊斯指着一个小试管说，“是一个大型的并行处理器。我之所以选择生物进化而不是计算机模拟，原因之一就是地球上，至少在不久的将来，还没有计算机能为我提供 $10^{15}$ 个并行的微处理器。”试管底部的液滴在尺寸上与计算机芯片上的智能部分大体相当。乔伊斯进一步阐述道：“实际上，我们的人工系统甚至比自然进化还要好，因为没有多少自然系统能让我们在一小时内产生 $10^{15}$ 个个体。”

自维持的生命系统除了能带来智能革命外，乔伊斯认为进化还可以在制造化学品和药品上带来商业利润。在他的想象中，分子进化系统能够每天24小时、一年365天不停运转。“你给它下达一项任务，并告诉它，在搞清楚如何将分子A变成分子B之前，不要离开工作间。”

乔伊斯一口气说出了一大串专门从事定向分子进化 [16] 研究的生物技术公司（吉莱德 [17]、Ixsys [18]、Nexagen [19]、Osiris [20]、Selectide [21]，以及达尔文分子公司）。他的名单中还不包括那些已经颇具规模的生物技术公司，如基因泰克公司 [22]，该公司不仅从事定向进化技术的前沿研究，也进行合理化药物设计。达尔文分子公司主要专利的持有人是研究复杂性的科学家斯图尔特·考夫曼，该公司募集了数百万美元来利用进化设计药物。诺贝尔奖得主、生物化学家曼弗雷德·艾根 [23] 称，定向进化是“生物技术的未来”。

然而，这是真正的进化吗？它与那个带给我们胰岛素、眼睫毛和浣熊的进化是一回事么？没错，这就是进化。“我们通常所说的进化是达尔文进化，”乔伊斯告诉我，“不过在另一种进化中，选择压力 [24] 是由我们来决定的，而不是自然，因此我们称其为定向进化。”

定向进化是另一种监督式学习，另一种遍历博尔赫斯图书馆的方法，另一种繁育。在定向进化中，选择是由培育者引导的，而非自然发生的。

## 15.7 死亡是最好的老师

戴维·艾克利是贝尔通信研究所 [25] 神经网络和遗传算法领域的研究员。我偶然间了解到了艾克利对进化系统一些最独到的看法。

艾克利是个壮得像头熊、满嘴俏皮话的家伙。他和他的同事迈克尔·利特曼 [26] 制作了一段关于人工生命世界的搞笑视频，并在1990年第二届人工生命大会上播放出来，惹得在场的250位严肃的科学家们哄堂大笑。他的“造物”实际上就是些代码片断，和经典的遗传算法没有多大区别，但是，他用滑稽的笑脸来表示这些代码片段，让它们四处

游动相互啃咬，或者撞上代表边界的墙壁。聪明的活下来，愚蠢的则死掉。和其他人一样，艾克利发现，他的世界能够进化出对环境异常适应的有机体。成功的个体非常长寿——按其所在世界的时间尺度衡量的话，能活25000“天”。这些家伙把系统给琢磨透了。它们知道如何用最小的努力来获取自己所需的东西，也知道如何远离麻烦。具有这种基因的“生物”，不仅个体很长寿，而且由其组成的种群也世代兴旺。

在对这些“街霸”的基因进行了一番研究后，艾克利发现它们有些资源尚未充分利用，这使得他觉得自己可以像神一样有番作为：通过改进它们的染色体，利用上这些资源，使它们更加适应他为它们搭建的环境。于是，他修改了它们进化后的代码（这个举动实际上相当于早期的虚拟基因工程），再把它们放回到他的世界。作为个体，它们能力超强，脱颖而出，适应力超过了以往的任何前辈。

然而，艾克利注意到，它们的种群数目总是低于自然进化而来的那些家伙。作为一个群体来说，它们活力不足。尽管从未绝迹，但它们总是濒临灭绝。艾克利认为，由于数目太少，这个物种的繁衍不会超过300代。也就是说，尽管手工改进的基因能够最大限度地适合个体，但从对整个族群有利的角度看，却不如那些自然成长起来的基因。此时此刻，在这午夜黑客的自酿世界中，一句古老的生态学格言第一次得到了明证：对个体而言最好的，对物种而言却不一定。

“我们弄不明白从长远看到底什么才是最好的，这点让人很难接受。”艾克利在人工生命会议上的一席话赢得了一片掌声，“但是我想，嘿，这就是生命！”

贝尔通信研究所之所以允许艾克利从事他的芥子世界的研究，是因为他们认识到进化也是一种计算。贝尔通信研究所曾经而且现在也一直对更好的计算方法很感兴趣，尤其是那些基于分布式模型的方法，因为电话网就是一个分布式计算机。如果进化是一种有效的分布

式计算，那么是否还有其他的方法？如果可以的话，我们又能对进化技术做出怎样的改进或变化呢？借用我们常用的那个图书馆/空间的比喻，艾克利滔滔不绝地说道：“计算的空间庞大得令人难以置信，我们只不过探索了其中非常微小的一些角落。我现在做的，以及我想进一步做的，是扩展人类认识到的计算的空间。”

在所有可能的计算类型中，艾克利最感兴趣的是那些与学习有关的过程。“强学习”是一种学习方式，它需要聪明的老师。老师会告诉学生应该知道些什么，而学生则分析信息并将其储存在记忆中。不太聪明的老师则通过不同的方法教学。她对所要教的东西本身也许并不了解，但是，她能告诉学生什么时候猜出了正确答案——就像代课教师给学生测验打分一样。如果学生猜出了部分答案，老师可以给出“接近”或“偏离”的暗示，帮助学生继续探索。这样一来，这位不太聪明的老师就可能生成其本身所不具备的知识。艾克利一直在推动对“弱学习”的研究，他认为这是一种让计算空间最大化的方式：利用最少的输入信息，获取最多的输出信息。“我一直在试图找出最愚笨、最孤陋寡闻的老师，”艾克利告诉我，“我想我找到了。答案是：死亡。”

死亡是进化中唯一的老师。艾克利的使命就是查明：只以死亡为老师，能学到什么？我们还不是很清楚答案，但有些现成的例证：翱翔的雄鹰，鸽子的导航系统，或白蚁的摩天大楼。找到答案需要些时间。进化是聪明的，但同时又是盲目和愚笨的。“我想象不出比自然选择更笨的学习方法了，”艾克利说道。

在所有可能的计算和学习的空间中，自然选择占据了一个特殊的位置，它是一个极点，在这个点上，信息传递被最小化。它构成了学习和智能的最低基线：基线之下不会有学习产生，基线之上则会产生更加智能、更加复杂的学习。尽管我们仍然不能完全理解自然选择在共同进化世界中的本质，但它依然是学习的基础熔点。如果我们能够

给进化一个度量值的话（我们还不能），就可以以此为基准评判其他形式的学习。

自然选择躲藏在许多表象之下。艾克利是对的；如今计算机科学家们都意识到，计算方式有许多种——其中许多是进化的方式。任何人都知道，进化和学习的方式可能有数百种；不论哪种策略，实际上都是在对图书馆或空间进行搜索。“传统人工智能研究的闪光思想——也是唯一思想——就是‘搜索’，”艾克利断言道。实现搜索的方法有很多种，对自然生命中起作用的自然选择只是其中的一种。

生物意义上的生命是与特殊的硬件绑定在一起的，这就是以碳为基础的DNA分子。这个特殊的硬件限制了自然选择所能使用的搜索方法。而有了计算机这个新硬件，特别是并行计算机，许多新的自适应系统得以问世，全新的搜索策略也得以应用。例如，生物DNA的染色体无法将自己的代码向其他生物体的DNA分子“广而告之”，以便它们获得信息并改变其代码，而在计算机环境中，你就能做到这一点。

戴维·艾克利和迈克尔·利特曼都是贝尔通信研究所认知科学研究组的成员。他们着手在计算机上构建一个非达尔文的进化系统。他们选择了一个最合逻辑的方案：拉马克进化，也即获得性遗传 [\[27\]](#)。拉马克学说很有吸引力。直觉上，它远比达尔文进化更有优势，因为按道理来说有用的变异能更快地进入基因序列。然而，它的计算量之大很快就让满怀憧憬的工程师们明白，构造这样一个系统是多么不现实。

如果一名铁匠需要凸起的肱二头肌，他的身体该怎样倒推出基因上所需的变化呢？拉马克系统的缺陷在于，对于任何一个有利的变化，都需要回溯到胚胎发育期的基因构成。由于生物体的任何变化都可能由多个基因引起，或者是在身体的发展过程中由多个相互作用的指令引起。任何外在形式的内在因果都是一张错综复杂的网络，理清这个网络所需的追踪系统其复杂性与这个生物体本身相比也不惶多

让。生物学上的拉马克进化受困于一条严格的数学定律：求多个质数的乘积极其容易，但分解质因素则异常困难。最好的加密算法正是利用了这种不对称的难度。拉马克学说之所以没有在生物界中真正存在过，就在于它需要一种不可能存在的生物解密方案。

不过，计算中并不需要躯体。在计算机进化（如汤姆·雷的电进化机）中，计算机代码兼任基因和躯体两个角色。如此一来，从表象中推导出基因的难题就迎刃而解了。（事实上，这种“表里如一”的约束并非只限于人工领域，地球上的生命必然已通过了这个阶段。也许任何自发组织的活系统都必须从一个“表里如一”的形式开始，就像自复制的分子那么简单。）

在计算机的人工世界里，拉马克进化是有效的。艾克利和利特曼在一台拥有16000个处理器的并行计算机上实现了拉马克系统。每个处理器管理一个由64个个体组成的亚种群，总计大约有100万个个体。为了模拟出躯体和基因的双重信息效果，系统为每个个体制作了基因副本，并称其为“躯体”。每个躯体的代码都略微有些差别，它们都尝试解决同一个问题。

贝尔通信研究所的科学家们设置了两种运行模式。在达尔文模式中，躯体代码会发生变异。某个幸运的家伙可能会意外地得到较好的结果，于是系统就选择它进行交配和复制。然而在达尔文进化中，生物交配时必须使用其代码的原始“基因”副本——即它所继承的代码，而非后天获得的经过改良的躯体代码。这正是生物的方式。所以，当铁匠进行交配时，他使用的是他的“先天”代码，而非“后天”代码。

相比之下，在拉马克模式中，当那个改良了躯体代码的幸运儿被选中进行交配时，它能使用后天获得的改良代码，作为其交配的基础。这就好比铁匠能将自己粗壮的胳膊传给后代一样。



经过对两个系统的比较，艾克利和利特曼发现，就他们所考量的复杂问题而言，拉马克系统的解决方案要比达尔文系统强上两倍。最聪明的拉马克个体比最聪明的达尔文个体聪明得多。艾克利说，拉马克进化的特点在于它把种群中的“白痴非常迅速地排挤出去”。艾克利曾经朝一屋子的科学家大喊道：“拉马克比达尔文强太多了！”

从数学意义上来说，拉马克进化注入了一点学习的要素。学习被定义为个体在活着时的适应性。在经典的达尔文进化中，个体的学习并不重要。而拉马克进化则允许个体在世时所获得的信息（包括如何增强肌肉，或如何解方程）可以与进化这个长期的、愚钝的学习结合在一起。拉马克进化能够产生更聪明的答案，因为它是更聪明的搜索方法。

拉马克进化的优越性使艾克利大感惊讶，因为他认为大自然已经做得很好了：“从计算机科学的角度看，自然是达尔文主义者而不是拉马克主义者，这实在是很蠢。可是自然受困于化学物质，而我们没有。”这使他想到，如果进化的对象不局限于分子的话，也许会有更有效的进化方式和搜索方法。

## 15.8 蚂蚁的算法天赋

意大利米兰的一组研究员提出了一些新的进化和学习方法。他们的方法填补了艾克利所提到的“所有可能的计算空间”中的一些空白。这些研究员们把自己的搜索方法称为“蚁群算法”，是因为他们受到了蚁群集体行为的启迪。

蚂蚁把分布式并行系统摸了个门清。蚂蚁既代表了社会组织的历史，也代表了计算机的未来。一个蚁群也许包含百只万工蚁和数百只蚁后，它们能建起一座城市，尽管每个个体只是模模糊糊地感觉到其

他个体的存在。蚂蚁能成群结队地穿过田野找到上佳食物，仿佛它们就是一只巨大的复眼。它们排成协调的并行行列，穿行在草木之间，并共同使其巢穴保持恒温，尽管世上从未有任何一只蚂蚁知道如何调节温度。

一个蚂蚁军团，智愚而不知测量，视短而不及远望，却能迅速找到穿越崎岖地面的最短路径。这种计算正是对进化搜索的完美映射：一群无知而短视的个体们在数学意义上崎岖不平的地形上同时作业，试图找出一条最优路径。蚁群就是一个并行处理机。

真正的蚂蚁通过名为信息素的化学系统来彼此交流。蚂蚁在彼此之间以及自己的环境中散发信息素。这些芳香的气味随着时间的推移而消散。它还能通过一连串的蚂蚁来接力传播：它们嗅到某种气味，复制它并传给其他蚂蚁。信息素可以被看作是在蚂蚁系统内部传播或交流的信息。

米兰小组（成员为阿尔贝托·克罗尼、马可·多利古和维多里奥·马涅索）按照蚂蚁的逻辑构建了方程式。他们的虚拟蚂蚁是一大群并行运转的愚笨处理器。每个虚拟蚂蚁有一个微不足道的记忆系统，可以进行本地沟通。如果干得好的话，所获得的奖赏也以一种分布式计算的方式与其他同类分享。

意大利人用标准的旅行商问题来测试他们的蚂蚁机。这个问题是这样描述的：你需要拜访很多城市，但每座城市只能拜访一次，那么哪条路径最短？为了求解这个问题，蚁群中的每个虚拟蚂蚁会动身从一座城市漫游到另一座城市，并在沿途留下信息素的气味。路径越短的话，信息素挥发得越少。而信息素的信号越强，循迹而来的蚂蚁就越多。那些较短的路径由此得到自我强化。运行5000回合之后，蚂蚁的群体思维就会进化出一条相当理想的路径。

米兰小组还尝试了各种变化。如果虚拟蚂蚁都由一座城市出发或均匀分布在各个城市，会有什么不同吗？（分布的效果要好一些。）一个回合中虚拟蚂蚁的数量会有影响么？（越多越好，直到蚂蚁与城市的数量比为1：1。）通过改变参数，米兰小组得到了一系列蚂蚁搜索算法。

蚂蚁算法是拉马克搜索的一种形式。当某只蚂蚁偶然发现一条短路径，这个信息通过信息素的气味间接地传播给其他虚拟蚂蚁。这样，单只蚂蚁毕生的学习所得就间接地成为整个蚁群信息遗产的一部分。蚂蚁个体把它学习到的知识有效地传播给自己的群体。与文化教导一样，传播也是拉马克搜索的一部分。艾克利说：“除了交配，信息交换还有许多方式。比如晚间新闻。”

无论是真实的蚂蚁，还是虚拟的蚂蚁，它们的聪明在于投入“传播”的信息量非常少，范围非常小，信号也非常弱。将弱传播引入进化的提法相当有吸引力。即使地球的生物界中存在拉马克进化，那它也一定被埋藏得很深。不过，仍然存在充满了各种稀奇古怪算法的空间，各种拉马克式的传播尽可以在那里找到用武之地。我听说有的程序员整天在鼓捣“弥母（文化基因）”式的进化算法，即模仿思想流（弥母）从一个大脑进入另一个大脑，试图捕捉到文化革命的精髓和力量。连接分布式计算机节点的方法有千千万万，迄今为止，只有极少数的方法（如蚂蚁算法）被人们考察过。

直到1990年，并行计算机还遭到专家们的嘲笑，认为它尚有很多地方值得商榷，过于专业，属于狂热派的玩物。它们结构混乱，难以编程。但狂热派却不这么看。1989年，丹尼·希利斯与一个知名计算机专家公开打赌，预测到1995年，并行机每月处理的数据量将超过串行机。看来他是对的。当串行计算机由于其狭窄的冯·诺依曼通道不堪复杂任务的重负而痛苦呻吟时，专家的看法一夜之间就发生了变化，并迅速席卷了整个计算机产业。彼得·丹宁 [\[28\]](#) 在《科学》杂志上撰文

（《高度并行的计算》（*Highly Parallel Computation*），称，“解决高级科学问题所需的计算速度，只能通过高度并行的计算架构来获得。”斯坦福大学计算机科学系的约翰·柯扎[\[29\]](#)更直截了当，“并行计算机是计算的未来。句号。”

然而，并行计算机还是很难掌控。并行软件是水平的、并发的、错综复杂的因果网络。你无法从这样的非线性特性中找出缺陷所在，它们都隐藏了起来。没有清晰的步骤可循，代码无从分解，事件此起彼伏。制造并行计算机很容易，但要为其编程却很难。

并行计算机所面临的挑战是所有分布式群系统都会面对的——包括电话网络、军事系统、全球24小时金融网络，以及庞大的计算机网络。它们的复杂性考验着我们掌控它们的能力。“为一个大规模并行机编程的复杂度可能超过了我们的能力，”汤姆·雷对我说，“我认为我们永远也写不出能充分利用并行处理能力的软件。”

并行的愚昧的小东西能够“写”出比人类更好的软件，这让雷想到了一个能得到我们想要的并行软件的办法。“你看，”他说，“生态的相互作用就是并行的最优化技术。多细胞生物本质上就是在宇宙尺度上运行大规模的并行代码。进化能够‘想出’我们穷尽一生也无法想清楚的并行编程。如果我们能够进化软件，那我们就能大大往前迈进一步。”对于分布式网络这类事物，雷说：“进化是最自然的编程方式。”

自然的编程方式！这听起来真让人有些泄气。人类就应该只做自己最擅长的工作：那些小而灵的、快而精的系统。让（人工注入的）自然进化去做那些杂乱无章的大事吧。

## 15.9 工程霸权的终结

丹尼·希利斯也得出了相同的结论。他很认真地表示，想让自己的“连接机”进化出商务软件。“我们想让这些系统解决一个我们只知如何陈述却不知如何解决的问题。”一个例子就是如何编写出数百万行驾驶飞机的程序。希利斯提议建立一个群系统，以进化出“驾驶技巧”更优秀的软件，系统中有一些微小的寄生虫程序会试图坠毁飞机。正如他的实验所展示的，寄生虫会促使系统更快地向无差错和抗干扰强的导航程序收敛。希利斯说：“我们宁肯花更多时间在编制更好的寄生虫上，也不愿花上无数个小时去做设计代码和查错这些事情。”

即使技术人员成功地设计出一款庞大的程序，譬如导航软件，要想对其进行彻底的测试也是不可能的。但进化出来的东西则不同。“这种软件的成长环境里充斥着成千上万专职的挑刺者，”希利斯说着，又想起了自己的寄生虫，“凡是在它们手下躲过一劫的，都经受住了严酷的考验。”除了能够创造我们制造不出来的东西以外，进化还有一点值得夸耀：它能造出来缺陷更少的东西。“我宁愿乘坐由进化出来的软件驾驶的飞机，也不愿乘坐由我自己编制的软件驾驶的飞机，”作为一名非凡的程序员，希利斯如是说道。

长途电话公司的呼叫路由程序总共有200万行代码。而这200万行代码中的三行错误代码就导致了1990年夏天全国电话系统的连锁崩溃。现在，200万行已经不算多了。装载在海军海狼潜艇上的作战计算机包含了360万行代码。1993年微软发布的新操作系统“NT”总共包含400万行代码。一亿行的程序也离我们不远了。

当计算机程序膨胀到几十亿行代码时，仅仅是维护程序、保持正常运行本身就会成为一个主要负担。有太多的经济活动和人的生命会依赖于这种数十亿行的程序，因此不能让它们有哪怕片刻的失效。戴维·艾克利认为，可靠性和无故障运行时间将成为软件最首要的任务。“我敢说，对真正复杂的程序来说，仅仅是为了存活下来就要消耗更多的资源。”目前，一个大型程序中只有一小部分致力于维护、纠错

和清理工作。“将来，”艾克利预言道，“99%的原始计算机周期都将被用在让这个怪兽自我监视以维持其正常运转上。只有剩余的1% 将被用于执行用户任务——电话交换或其他什么。要知道，这个怪兽只有活下来，才能完成用户任务。”

随着软件越来越大，生存变得越重要，同时也越来越困难。要想在日复一日的使用中存活下来，就意味着必须能够适应和进化，而这需要做更多的工作。只有不断地分析自己的状况，修正自己的代码以适应新的需要，净化自己，不断地排除异常情况，并保持适应与进化，程序才能生存下来。计算必须有生命力和活力。艾克利称之为“软件生物学”或“活力计算”。程序员即使24小时都开着寻呼机，也不能确保数十亿行的代码能够不出故障。人工进化也许是唯一能使软件保持生命力和活力的方法。

人工进化是工程霸权的终结。进化能使我们超越自身的规划能力；进化能雕琢出我们做不出来的东西；进化能达到更完美的境界；进化能看护我们无法看护的世界。

但是，正如本书标题所点明的，进化的代价就是——失控。汤姆·雷说道：“进化系统的一个问题就是，我们放弃了某些控制。”

丹尼·希利斯所乘航班的驾驶程序是进化出来的，没有人能看懂这个软件。它就像一团千丝万缕的乱麻，也许真正需要的只是其中的一小部分，但是它能够确保无故障地运行。

艾克利的电话系统是由进化出来的软件管理的，它是“活”的。当它出问题时，没有人能排除故障，因为程序以一种无法理解的方式埋藏在一个由小机器组成的未知网络中。不过，当它出问题时，它会自行修复。

没有人能把握住汤姆·雷的培养液的最终归宿。它们精于设计各种小技巧，却没人告诉它们下一步需要什么技巧。唯有进化能应付我们所创造的复杂性，但进化却不受我们的节制。

在施乐公司帕洛阿尔托研究中心，拉尔夫·默克勒<sup>[30]</sup>正在制造能够自我复制的极小分子。由于这些分子的尺度为纳米级别（比细菌还小），因此这种技术被称为纳米技术。在不久的将来，纳米技术的工程技能与生物技术的工程技能将趋于一致：它们都把分子看成是机器。对纯粹的生命来说，纳米技术可以看作是生物工程；对人工进化来说，纳米技术则等同于生物分子。默克勒告诉我：“我可不想让纳米技术进化。我希望把它限制在一定的框架内，并且受到国际公约的制约。对纳米技术来说，最危险的事情莫过于交配。是的，我想，应该有个国际公约来限制在纳米技术中使用交配。一旦交配，就有了进化；只要进化，就会有麻烦。”

进化并未完全超脱我们的控制；放弃某些控制只不过是更好地利用它。我们在工程中引以为傲的东西——精密性、可预测性、准确性以及正确性，都将为进化所淡化。

而这些东西必须被淡化，因为真实的世界是一个充满不测风云的世界，是一个千变万幻的世界；生存在这个世界里，需要一点模糊、松弛、更多适应力和更少精确度的态度。生命是无法控制的；活系统是不可预测的；活的造物不是非此即彼的。谈起复杂程序时，艾克利表示：“‘正确’是水中月，是小系统的特性。在巨大的变化面前，‘正确’将被‘生存能力’所取代。”

当电话系统由适应性很强的进化软件来运行时，是没有一种所谓的正确方式的。艾克利继续道：“说一个系统是‘正确的’，听起来就像是官话、空话。人们评判一个系统，是根据其对意外情况的反应力以及应对措施的创造性。”与其正确，不如灵活，不如耐久；所谓“好死



不如赖活”。艾克利说：“小而专且正确的程序就像蚂蚁，对身处的世界茫然无知；而反应灵敏的程序往往是失控的庞然大物，仅把1%的精力花在你要解决的问题上。孰优孰劣，不言自喻。”

有一次，在斯图亚特·考夫曼的课上，一个学生问他：“对于你不想要的东西，你的进化是如何处理的？我知道你能让一个系统进化出你想要的东西，可是，你又怎么能肯定它不会制造出你不想要的东西？”问得好，孩子。我们能足够准确地定义我们想要的东西，从而将它培育出来。然而，我们往往不知道我们不想要什么。即使知道，这些不受欢迎者的名单也长得不切实际。我们怎样才能剔除那些不利的副作用呢？

“你做不到的。”考夫曼坦率地回答。

这就是进化的交易。我们舍控制而取力量。对我们这些执着于控制的家伙来说，这无异于魔鬼的交易。

放弃控制吧，我们将人工进化出一个崭新的世界和梦想不到的富裕。放手吧，它会开花结果的。

我们曾经抵制住过魔鬼的诱惑吗？

---

[1] 汤姆·雷（Tom Ray，全名Thomas S.Ray）：生态学家，编写出了名为“Tierra”（西班牙语“地球”之意）的计算机人工生命模型，引起学术界的轰动。目前他是奥克拉荷马大学的动物学教授兼任计算机科学副教授。

[2] 爱德华·威尔森（Edward Osborne Wilson，1929.06.10～）：美国昆虫学家和生物学家，尤其以他对生态学、进化论和社会生物学的研究而著名。他的主要研究对象是蚂蚁，尤其是蚂蚁通过弗洛蒙进行通讯。他于1975年所写的《社会生物学：新的综合》（Sociobiology:The New Synthesis）引起了对社会生物学的争论。生物多样性这个词也是他引入的。威尔森的成就获得了许多奖励，其中包括美国国家科学奖章、克拉福特奖和两次普利策奖。

[3] 遗传算法（Genetic Algorithms，简写为GA）：人工智能领域的一个重要算法，最早由约翰·霍兰德于20世纪70年代提出。

[4] 劳伦斯·福格尔 (Lawrence Fogel, 1928.03.02~2007.02.18)：进化计算和人为因素分析的先驱者，进化规划之父。

[5] 汉斯·布雷默曼 (Hans Bremermann, 1926~1996)：加州伯克利大学名誉教授，数学生物学先驱。

[6] 电子数值积分计算器 (ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer)：1946年2月15日诞生于宾夕法尼亚大学，由美军在二战中投资研制。它曾被认为是世界上第一台电子计算机，但最近的一场旷日持久的官司改变了这个历史，阿塔纳索夫-贝瑞计算机 (Atanasoff-Berry Computer, 简称ABC) 取而代之成为世界上第一台电子计算机。

[7] 离散变量自动电子计算机 (EDVAC – Electronic Discrete Variable Automatic Computer)：是一台早期的电子计算机。它和电子数值积分计算器的建造者均为宾夕法尼亚大学的电气工程师约翰·莫奇利和普雷斯波·艾克特。冯·诺依曼以技术顾问的身份参与了研制。

[8] 旋风计算机 (Whirlwind)：一款由麻省理工大学研制的早期电子计算机。引入了当时先进的实时处理理念，并最先采用显示器作为输出设备，拥有世界首款成熟的操作系统。其设计理念对20世纪60年代的商用计算机产生巨大影响。

[9] 艾伦·纽厄尔 (Alan Newell, 1927.03.19~1992.07.19)：计算机科学和认知心理学领域的科学家，曾任职于兰德公司以及卡内基-梅隆大学的计算机学院、商学院和心理学系。1975年他和赫伯特·西蒙一起因人工智能方面的基础贡献而被授予图灵奖。

[10] R.A.费希尔爵士 (Sr.Ronald Aylmer Fisher, 1890.02.17~1962.07.29)：英国皇家学会会员、统计学家、生物进化学家与遗传学家。他是现代统计学与现代进化论的奠基人之一。他被认为是“一位单枪匹马创立现代统计科学的天才”，“达尔文最伟大的继承者”。

[11] 《能同时执行任意数量子程序的通用计算机》：A Universal Computer Capable of Executing an Arbitrary Number of Sub-programs Simultaneously

[12] 史蒂文·列维 (Steven Levy, 1951~)：美国新闻工作者，写了不少有关电脑科技、密码系统、网络安全和隐私的书。

[13] 热点 (hot spot)：基因组上的某些小块区域。这些区域内发生基因重组的频率要高于周围区域上百倍乃至上千倍。热点的成因目前尚不清楚，但所有热点的特性都很相似。此外，最近的研究显示，人类基因组中有超过25000个热点，这也表明热点是基因组中普遍存在的现象。

[14] 互补构型 (complementary shape)：指能像手与手套、钥匙与锁一样合在一起的构型。

[15] 核糖核酸 (RNA)：是一种重要的生物大分子，是细胞中遗传信息的中间载体。对一部分病毒而言，RNA是其唯一的遗传物质。

[16] 定向分子进化 (directed molecular evolution)：根据所需要的属性进行分子进化的技术。

[17] 吉莱德 (Gilead)：1987年成立于硅谷的一家高科技生物制药公司，研发和生产的药品种类主要包括抗艾滋病毒药、抗肝炎药、严重心血管疾病和呼吸道疾病用药。公司2009年的收入超过70亿美金，在《商业周刊》评选的2009年50强公司中名列第一。

[18] Ixsys：创立于1989年，是第一家从事定向分子进化研究的公司。后更名为“应用分子进化” (Applied Molecular Evolution，简写为AME)。现为纳斯达克上市公司。

[19] Nexagen：位于俄亥俄州的健康保健品公司，主打产品为减肥药Jen Fe Nexto。

[20] Osiris：纳斯达克上市公司，从事干细胞产品的研发和生产。

[21] Selectide：1990年创立于亚利桑那州图森市，公司后经多次收购与转手，已名存实亡。

[22] 基因泰克 (Genentech)：美国历史最悠久的生物技术公司，创办于1976年。公司在上世纪末和本世纪初曾推出过几款癌症用药，风靡市场。瑞士制药业巨头罗氏集团目前为该公司的完全拥有者。

[23] 曼弗雷德·艾根 (Manfred Eigen, 1927.05.09~)：德国化学家及生物物理学家，诺贝尔化学奖得主，曾任马克斯·普朗克生物物理化学所主任。

[24] 选择压力 (selection pressure)：也称为进化压力，指在由变异引起的进化中，影响生物体进化方向的外加力量。

[25] 贝尔通信研究所 (Bellcore – Bell Communication Research)：1984年，原贝尔实验室根据1982年联邦法院做出的裁决进行了拆分，各个地方的分支研究机构组成了一个联盟，成为贝尔通信研究所。1996年被美国科学应用国际公司 (SAIC) 收购，更名为泰尔科迪亚 (Telcordia)。公司在电信、移动、安全等领域拥有1800多个专利。

[26] 迈克尔·利特曼 (Michael Littman)：哲学博士，罗格斯大学计算机科学系教授。

[27] 获得性遗传 (Inheritance of Acquired Traits)：与“用进废退” (User and Disuse) 一起构成拉马克进化学说的核心观点，认为生物在出生后，为适应环境的变化可能产生变异，并且这种变异可以遗传给后代。

[28] 彼得·丹宁 (Peter J. Denning, 1942~)：美国计算机科学家，多产的作家。他最有名的发明是提出了工作集模型 (Working-Set Model)，该模型成为所有内存管理策略的参考标准。

[29] 约翰·柯扎 (John Koza)：美国计算机科学家，斯坦福大学顾问教授，以利用遗传算法对复杂问题进行优化的开拓性工作而著称。他是科学游戏公司的创始人之一，该公司开发了美国博彩业的计算机系统。

[30] 拉尔夫·默克勒 (Ralph Merkle)：1979年获斯坦福大学电机工程博士学位。2003到2006年任乔治亚理工大学计算教授。研究范围包括纳米技术、分子机械臂、自复制，等等。1998年获费曼奖；此外还曾因参与发明公钥密码系统获两个奖项。

## 第十六章 控制的未来

### 16.1 玩具世界的卡通物理学

电影《侏罗纪公园》里的恐龙最了不起的地方就在于它们有足够长的人工生命，可以在电影《石头城乐园》<sup>[1]</sup>中被再次用作卡通恐龙。

当然，再次出场的恐龙不会完全一样。它们会更为驯服、更长、更圆，也更听从指挥。不过，这些恐龙的身体内，跳动的却是一颗数字心脏，一颗属于霸王龙或速龙的心脏——不同的身体，同样的恐龙之心。作为工业光魔公司<sup>[2]</sup>的奇才、虚拟恐龙的发明者，马克·戴普<sup>[3]</sup>只要改变这些生物的数字基因设置就可以把它们变成可爱的宠物，同时又让它们保持逼真的银幕形态。

《侏罗纪公园》中的那些恐龙不过是些行尸走肉。它们有逼真的身体，却缺少自己的行为、自己的意志，自己的生存力。它们是由计算机动画师操纵的幽灵般的提线木偶。不过有朝一日，这些恐龙会像匹诺曹<sup>[4]</sup>一样获得属于自己的生命。

在这些侏罗纪恐龙进入到栩栩如生的电影世界之前，它们栖居在一个空旷的三维世界里。在这片幻想世界中，除了音量、灯光、空间之外，几乎一无所有。风、重力、惯性、摩擦力、硬度以及物质世界所具有的细枝末节全都不存在，需要想象力丰富的动画师来构建。

“传统动画中所有的物理习性都取决于动画师的认知，”说这话的是迈克尔·凯斯 [5]，他是苹果电脑公司的一位计算机图形工程师。比如，当沃特·迪斯尼画出米老鼠屁颠屁颠地从楼梯上滚下来的时候，他在画纸上展示出的效果来自他对万有引力的认识。不管是真还是假，米老鼠遵循的是迪斯尼对物理学的理解。这种理解通常都不怎么真实，而这也恰恰是动画片的魅力所在。很多动画师都会借助夸张、变异，甚至干脆忽视真实世界的物理定律以博一笑。不过，现代电影风格追求严格的真实感。观众们希望电影《外星人E.T.》里的飞行自行车像“真的”飞行着的自行车，而不是卡通版自行车。

凯斯想要尝试的，就是把物理学引入仿真世界。“我们参考了把物理学装进动画师脑子的传统做法，决定改一下，让计算机也懂得一些物理学知识。”

让我们从那个一无所有的幻想世界说起，想象里面有一个漂浮的徽标。凯斯说，这个简单世界的问题之一是“里面的东西看起来轻飘飘没有一点重量”。为了增加这个世界的真实感，我们可以给对象添加质量属性，同时给环境设置重力定律。这样一来，如果一个飘浮的徽标掉在地板上，它坠落的加速度会跟一个实物在地球上掉落的加速度一样。重力公式非常简单，把它置入一个小世界也不难。我们可以给徽标再加上一个弹性公式，这样它就能“自然而然”地以非常有规律的方式从地板上弹起来。它遵守重力定律、动能定律以及让它减速的摩擦力定律。我们还可以给它加上硬度——比如塑料的硬度或者金属的硬度，这样它对冲击的反应也变得真实起来。最后的结果就有一种真实感，当镀铬徽标摔到地上的时候，它反弹的幅度越来越小，直到咔嗒一下停下来。

我们可以继续运用更多的物理定律和公式，比如弹性系数、表面张力、旋转效果，然后把它们编码到环境中去。随着我们为这些人工环境加入更多的复杂度，它们就会成为合成生命成长的沃土。



这就是这些侏罗纪的恐龙如此逼真的原因。当它们抬腿的时候，它们要克服虚拟的躯体的重量，它们的肌肉会伸缩或下垂。当脚落下的时候，重力会拉扯它，落地时带来的冲击同时向上反射到腿部。

迪斯尼于1993年夏天发行的电影《人吓鬼》中那只会说话的猫，也是一个类似于恐龙的虚拟角色，但更逼真。动画师们首先制做一个数字猫的外形，然后以一张照片里的猫为参照，为这只数字猫披上质感的皮毛。要不是它那非同寻常的讲话能力，它和那只猫简直像极了。它嘴部的动作是从人那里映射来的。所以，这只虚拟动物其实是一个猫-人混血儿。

电影观众看到秋叶被吹到街上。他们没有意识到这个场景其实是计算机生成的动画。这个画面之所以看起来很真实，是因为这段影像中确实有某种真实性：片片虚拟的叶子被一阵虚拟的风吹到了虚拟的街道上。就像雷诺兹的那群虚拟蝙蝠一样，真的有大量东西按照物理定律被某股力量真实地推动着。那些虚拟的树叶是有属性的，比如重量、形状和表面积。当把这些树叶释放到某一阵虚拟的风里的时候，它们所遵循的那套定律，跟真的树叶所遵循的物理定律是一样的。所以，在这个虚拟场景中，各部分之间的关系就如同你的身体发肤一样真实。尽管叶子的细节不足以近看，但飘零的落叶其实也不需要太多的画工。

让动画形象遵循自己的物理学法则是现实主义的新秘诀。当终结者II号机器人从一滩熔化的铬里冒出来时，那效果逼真得令人震惊，因为它遵循的是液体在真实世界里的物理规律（譬如表面张力）。这是一滩“仿真”的液体。

凯斯和他在苹果公司的同事盖文·米勒 [6] 设计出一些计算机程序，来渲染小溪涓涓流下或者雨点滴落在水池中的种种微妙细节。他们把水文学各种定律的公式与一个动画引擎挂上钩，把这些定律移植

到了仿真世界。在视频短片中你可以看到，在柔和的光线下，一道浅波扫过一片干燥的沙岸，像真的波浪那样不规则地破碎，然后退下，留下湿漉漉的沙地。其实这些都不过是些方程式而已。

为了使这些数字世界以后也能有用，所有创造出来的东西都得简化成某种方程式。其中不仅包括那些恐龙和水，最终还要包括那些恐龙啃咬的树木，那些吉普车（在《侏罗纪公园》里，有些场景中的吉普车就是数字的）、建筑物、衣服、餐桌还有天气。这些数字形式并不会仅仅是在拍电影时才用。在不久的将来，不单只是电影，所有制品都将通过计算机辅助设计 [7] 软件进行设计、生产。如今，汽车部件已经先要在计算机屏幕上进行仿真，然后将方程式直接传送给工厂的车床和焊接机，使这些数字变为真实的形状。一种名为“自动成型” [8] 的新工业流程从计算机辅助设计那里获取数据后，能在瞬间由粉末金属或液态塑料直接生成三维原型。某个物体这一刻还只是屏幕上的一些线条，下一刻就已经是一个可以拿在手里或带着到处走的实实在在的东西了。自动成型技术“打印”出来的是真正的齿轮而不是某个齿轮的图纸。为工厂机器准备的紧急备用件是用抗压塑料在车间就地“打印”出来的；在拿到真正的备用件之前，它们可以顶上一阵子。不久的将来，这种打印出来的零件就会成为真正可用的零件。约翰·沃克 [9] 是世界上最知名的计算机辅助设计软件AutoCAD的创始人，他告诉记者：“计算机辅助设计要做的，就是在计算机里为真实世界中的物体建造模型。我相信，在时机成熟的时候，世界上所有的东西，无论是否是制造出来的，都可以在电脑里生成模型。这是一个非常非常巨大的市场。这里包罗万象。”

生物学当然也不例外。计算机已经可以为花朵建立模型了。普鲁辛凯维奇 [10] 是加拿大卡尔加里大学的一位计算机科学家。他运用植物生长的数学模型创造出三维虚拟花朵。显然，绝大多数植物的生长过程都符合几条简单的定律。开花的信号可能非常复杂，同一根枝条



上花朵的开放顺序也可能受到几个交互信息的影响。但是将这些相互作用的信号编制成一个程序却非常简单。

## 16.2 合成角色的诞生

米老鼠是人工生命的前辈之一。如今已经60高龄的米奇，很快就要进入数字时代。在迪斯尼格兰岱尔工作室外景地一栋永久性的“临时”建筑里，米奇的受托人正在谨慎地规划着如何把自动化技术运用在动画角色和背景上。在这儿，我跟鲍勃·兰伯特聊了起来，他是为迪士尼动画师提供新技术的负责人。

鲍伯·兰伯特让我明白的第一件事情就是，迪斯尼并不急于把自动化技术完全运用在动画上。动画是一门手艺，一种艺术。迪斯尼公司的巨大财富就封存在这门手艺之中，而它的皇冠上的那些明珠——米老鼠跟它的伙伴们——在观众眼中就是这门艺术的楷模。如果计算机动画就意味着孩子们在周六早上看到的那种木呆呆的卡通机器人的话，那迪斯尼宁可碰它的边。兰伯特说：“我们可不想人们说，‘噢，见鬼，又一门手艺钻到计算机眼儿里去了’。”

艺术家们也是一个问题。兰伯特说：“瞧，我们已经让400位穿着白大褂的女士为米奇画了30年。我们不可能一下子就都变过来。”

兰伯特想要说清楚的第二件事情是，从1990年开始，迪斯尼就已经在他们那些著名的电影里使用了一些自动化的动画制作技术。他们正一步一步地数字化他们的世界。他们的动画师们已经意识到，如果不把艺术家的智慧从自己的脑子里迁移到某种几近鲜活的仿真世界中，那么他们很快就会变成另外一种意义上的恐龙。“老实说，”兰伯特说，“1992年的时候，我们的动画师们就已经大吵着要用计算机来完成工作了。”

在动画片《妙妙探》[\[11\]](#)中，手绘的角色们曾经跑过一个巨大的时钟，那就是一个计算机生成的时钟模型。在《救难小英雄之澳洲历险记》[\[12\]](#)中，信天翁奥维尔[\[13\]](#)穿掠过的就是一座虚拟的纽约城，那是一个完全由计算机生成的环境，数据来自一个大建筑承包商为商业目的而收集的数据库。而在《小美人鱼》[\[14\]](#)中，艾瑞儿在仿真出来的鱼群中穿梭，海草轻盈地舞动，水泡像在真实世界中一样散开来。不过，这些计算机生成的背景画面，每一帧都是在向那400位白衣女士打过招呼后，先打印到精细的画纸上，然后通过手工上色来与电影的其他部分合为一体。

在《美女与野兽》[\[15\]](#)中，迪斯尼首次在至少一个场景中使用了“无纸动画”技术。在电影结尾的舞会中，除了野兽和美女仍是手绘之外，其他角色都是用数字方式合成和渲染的。不仔细看的话，是察觉不到电影里真假卡通之间的转换的。而之所以能察觉到这种不连贯，并不是因为数字画面没有手工画得好，恰恰相反，它比传统卡通更逼真。

迪斯尼第一个完全无纸化的角色是《阿拉丁》中那块飞来飞去（走来走去、跳来跳去、指来指去）的毯子。为了制作它，要先在计算机屏幕上绘出一块波斯地毯。动画师通过移动光标为它折出各种姿势，之后由计算机把各个姿势之间的中间帧填上。最后，再将数字化了的毯子动作加入到其他手绘部分的数字版本里面。迪斯尼最新的一部动画片《狮子王》里有好几种动物是按制作《侏罗纪公园》里恐龙的方法由计算机生成的，其中包括一些具有半自动集群行为的飞禽走兽。现在，迪斯尼正在制作他们的第一部完全数字化的动画[\[16\]](#)，这部电影会在1994年下半年上映。它将成为前迪斯尼动画师约翰·拉塞特[\[17\]](#)所从事的工作的活广告。这部电影几乎全部的计算机动画都是由皮克斯公司[\[18\]](#)制作的。这家公司位于加利福尼亚州里齐蒙得市一个翻新的商业园区里，是一家富于创新意识的小工作室。

我顺便拜访了皮克斯公司，想看看他们到底在孵化什么样的人工生命。迄今为止，皮克斯公司已经制作了4部获奖的计算机动画短片，而这4部动画短片的作者都是拉塞特。拉塞特喜欢让一些正常状态下没有生命的东西动起来——自行车、玩具、灯，或是书架上的小摆件。尽管皮克斯公司的电影在计算机图形圈子里被看成是高水平的电脑动画作品，可它的动画部分，绝大部分其实是“手绘”的。只不过拉塞特用于绘画的工具不是铅笔，而是鼠标；他的画板不是木制的，而是计算机屏幕。如果他想要他的玩具士兵变得沮丧起来，他就会在电脑屏幕上调出玩具士兵的一张笑脸，移动鼠标把人物的嘴角拉下来。在端详它的表情后，他可能会认为玩具士兵的眉毛不该垂得这么快，或者眼睛眨得太慢了。于是他再用鼠标拉动这些部位。“我不知道除了这个办法之外，还有什么办法来告诉它要怎样做，才能把嘴变成——比如这个样子，”拉塞特一边说，一边用嘴比了个表示惊讶的O形，“而且比我自己做要更快一点，也更好一些。”

我在皮克斯公司的制作主管拉尔夫·古根海姆 [\[19\]](#) 那里听到了更多有关人机交互的问题：“绝大多数手工动画师觉得皮克斯公司的做法就是把草图喂进电脑里，然后就出来一部电影。我们曾一度因此而被禁止参加动画电影节。可是，如果我们真的是这么做的话，是不可能创作出这么好的影片的……在皮克斯公司，我们每天遇到的最主要问题其实是计算机对传统动画流程的颠覆。新的流程要求动画师们在动手之前先要描述清楚想要画的东西！”

作为真正的艺术家，动画师们与作家一样，在看到自己的作品之前，往往不知道自己到底想要表达什么。古根海姆反复强调：“动画师们在角色没有画出之前，是不会知道它是什么样的。他们会告诉你，在开始做一个故事的时候会很慢，因为他们要慢慢熟悉他们的角色。之后，随着他们和角色之间越来越熟悉，绘制速度也就越来越快。等到电影完成过半的时候，他们已经很了解这些角色了，而角色们也就开始在画面上神气活现起来。”

在动画短片《小锡兵》<sup>[20]</sup>中，玩具士兵的帽子上有一根羽毛会非常自然地随着士兵的头摆动。这个效果就是用虚拟物理学或者动画师们称为“拖，拽，摆”的方法达到的。当羽毛的根部移动的时候，羽毛的其他部分会按照弹簧摆的方式来运动——这是个颇为标准的物理学公式。羽毛的确切摇摆方式不是预先设定的，却显得很真实，因为它遵循着摇摆的物理定律。不过，玩具兵的脸完全是由一位经验丰富的动画师人工操纵的。换句话说，这个动画师就是一个替身演员。他扮演角色的方式就是把它画出来。每一个动画师的桌子上都有一面镜子，动画师利用它来画出自己的特有夸张表情。

我问过皮克斯公司的艺术家，他们能不能够想象出一种自动生成的电脑角色——你把粗糙的草图提供给它，然后就出来一个能够自己调皮捣蛋的数码达菲鸭。我得到的回答一概是严肃的否定和摇头。“如果把草图喂进电脑里就能画出好角色来，那这世界上就没有什么蹩脚演员了，”古根海姆说，“但是我们知道并不是所有的演员都是好演员。你随时都能见到一堆模仿猫王和梦露的人。但我们为什么不会被骗倒？因为模仿者的工作其实非常复杂，你得知道什么时候抽动一下哪边的嘴角，话筒又该怎样拿。人类演员做到这一点都不容易，电脑草图又怎么可能做得到呢？”

他们提出的问题就是一个关于控制的问题。事实证明，特效和动画行业就是各种控制狂的天下。在他们看来，演技的微妙之处是如此的细微，只有人类的掌控者才能够引导数字角色或者手绘角色做出它们的选择。他们是对的。

不过，将来他们就不再是正确的了。如果电脑的运算能力像现在这样继续增强下去，在5年之内，我们就可以看到合成出来的角色在电影中担当主角，他们不仅仅身体是合成出来的，行为举止也是合成出来的。

在《侏罗纪公园》中，那些合成的恐龙其逼真度已经达到了近乎完美的程度。从视觉上说，这些恐龙的肉身已经跟我们所期待的那种直接拍摄下来的恐龙没有什么区别了。目前，许多数字特效实验室都在汇集那些可以用来制作出逼真的数字化人类演员的元素。某个实验室专攻数字化的头发，另一个则把精力集中在手部动作上，第三个则专注于面部表情的生成。事实上，现在已经有数字角色加入到好莱坞的电影里面了（而且没有人察觉得到），比如说，一个要求有人在远处移动的合成场景。不过，做出真实衣物那种自然褶皱悬垂的效果，还是一个挑战；如果不能做到尽善尽美的话，就会让虚拟的人物显得呆板。不过在开端阶段，数字角色只会被用来完成危险的特技，或者是插入到复合场景之中——但仅给长镜头或者群众场面，而不会是吸引观众注意力的特写镜头。制作以假乱真的虚拟人物形态虽然棘手，但已经近在咫尺了。

而模拟出以假乱真的人物行动则要更远一些。尤其难的是让面部动作达到以假乱真的程度。据图形专家们说，这个领域中的最后堡垒就是人物的表情。控制人物的脸部活动将会是一场攻坚战。

## 16.3 没有实体的机器人

在位于旧金山工业区的克洛萨尔图像工作室，布莱德·格拉夫 [21] 正在进行仿造人类行为的工作。克洛萨尔是一个鲜为人知的特效工作室，很多著名电视动画广告的幕后都有它的身影。克洛萨尔还为MTV制作过名为《流动的电视》 [22] 的先锋动画系列。这些动画片由一些粗线条的形象——骑摩托的落魄布偶、栩栩如生的动画剪纸以及坏小子瘪四和猪脑等——领衔主演。



格拉夫的工作室落户在一间重新装修过的仓库里，很拥挤。在几间灯光黯淡的大屋子里，二十几台巨大的显示器闪烁不已。这是一个20世纪90年代的动画工作室。计算机都是由硅谷图形公司 [23] 制造的强力图形工作站，上面闪烁着项目不同阶段的图像，其中包括一个完全计算机化了的摇滚明星彼得·盖布瑞尔 [24] 的半身像。计算机对盖布瑞尔的头型以及脸部进行扫描和数字化，再拼接到虚拟的盖布瑞尔上去，用来替代他在音乐录影带中的真身。这些事情能在录音棚或者舞池里就完成，谁还会费那个劲在摄像机面前跳舞呢？我看着一个动画师摆弄这个虚拟明星。当时她正要通过拖动光标来提起盖布瑞尔的下巴，好让他的嘴巴合上。“糟了。”她发出一声惊叹，刚才她的动作稍微大了些，结果盖布瑞尔的下嘴唇提得太高穿过了他的鼻子，扯成了一副难看的鬼脸。

我去格拉夫的工作室是想见一见莫西：第一个完全计算机化的动画人物。在显示器上看，莫西看起来就像一只卡通狗。他有一个大鼻子，一只被啃了的耳朵，戴着白手套的手，还有“橡皮管”一样的手臂。他还有非常滑稽的声音。当时他的动作还没画好。这些动作是从一个人类演员的动作中提取出来的。在房间的一角，有一个自制的虚拟现实装置“瓦尔多”。所谓瓦尔多（名字取自一个老科幻小说中的人物）是一种可以让人远距离操纵木偶的装置。第一个以这种方式完成的计算机动画是带有试验性质的《科米蛙》 [25]，它是用一个手掌大小的瓦尔多装置画出来的。而莫西则是一个拥有完整身体的虚拟角色，一个虚拟木偶。

当动画师想让莫西跳舞的时候，他就会戴上一顶黄色的头盔。盔顶有一个用胶带固定的小棍，小棍的末端是一个位置传感器。随后，动画师在肩膀和胯部也捆上传感器，然后再拎起两个泡沫板裁成的巨型卡通手——其实是手套。他一边跳舞一边挥动这两只手——那上面也有位置传感器。于是，卡通狗莫西也在屏幕上它那个古怪的桃木屋里亦步亦趋地舞起来。

莫西最擅长的把戏就是可以自动地对口型。把录制好的语音输入到一个算法中，这个算法可以计算出莫西的嘴唇应该怎么动，然后牵动它们。工作室的高手总是让莫西用别人的声音说各种气人的话。其实，让莫西动起来的方法有很多。旋转拨盘，敲命令，移动光标，甚至用算法生成某种自主行为，都能让莫西动起来。

格拉夫和其他动画师下一步想做的事情是：赋予莫西这样的角色某些基本动作——起立、趴下、负重，这些基本动作可以组合成连贯逼真的活动。然后就可以应用到复杂的人类角色上去了。

如果时间足够充裕的话，今天的计算机勉强能进行人类动作的计算。但是，要想进行实时计算，就像你的身体在真实生活中那样随机应变，这种仿真几乎是无法计算的。人体大概有200个运动点。这200个运动点所能做出的动作姿态其数量基本上是天文数字。单单是个抠鼻子的实时动作，所需要的计算量就已经超过了我们现在所拥有的大型计算机的能力。

而人类动作的复杂性还不仅仅于此，因为身体的每一个姿势都可以通过多种不同的途径来达到。当我把脚伸到鞋里去的时候，我要通过小腿、脚以及脚趾的数百个动作的配合引导腿精确完成整个运动。事实上，我的四肢在走路时所完成的动作顺序是如此地复杂，以至于有足够的余地允许用上百万种不同的方式去完成它。通常，熟人在一百尺开外不用看我的脸就能把我认出来，完全是因为我走路时无意识地使用了惯用的腿部肌肉。模仿他人的动作组合是非常困难的。

那些试图让人工形象模拟人类动作的研究者们很快认识到那些制作兔八哥和猪小弟的动画师们早就知道的事情：就动作而言，某些联接顺序会比其他联接顺序显得更“自然”。当兔八哥伸手去拿胡萝卜的时候，它的手臂伸向胡萝卜的路径更像人类的手臂运动（当然，兔八哥的行为不是模仿自兔子，而是人），并且与各个部位动作的前后时机也很有关系。一个动画形象即使按照人类的正确顺序来行动，如果



它甩膀掀胯的相对速度跟不上节奏，仍会显得很机械。人类大脑能够轻易地识别出这种赝品。所以说，时机的掌握是动作的又一个复杂面。

创造人工动作的早期尝试迫使工程师们对动物的行为进行研究。为了建造一个能够在火星上漫游的多腿车，研究者们对昆虫进行了研究，其目的不是为了学会如何做出一条腿来，而是要搞清楚昆虫是如何实时协调六条腿的动作。

在苹果电脑公司的实验室中，我曾经看到一位计算机图形学专家翻来覆去地播放一段猫走路的录像来分解它的动作。这盘录像带，以及一堆关于猫的四肢本能反射的科学论文，能够帮助他提炼出猫走路的风格。然后他打算把这个风格植入到一个计算机化的虚拟猫里。而他的终极目标则是提取出某种具有普遍性的四足运动模式，在相应调整后可以用到狗、豹子、狮子或者随便什么东西上去。他根本不关心这些动物的外形；他的模型就是一些粗线条的形象。他关心的是如何组织复杂的腿、踝、脚部的动作。

麻省理工学院媒体实验室的戴维·塞尔彻 [26] 带着一帮研究生研发出了一种能够在不平的地面上“自己”走动的粗线条形象。这些形象很简单——一条线段做躯干，四条线段是四条腿，连在躯干上。学生们为这个“小活物” [27] 设定好一个方向，它就挪动步子，探明哪儿高哪儿低，并随之调整自己步伐的长短，迈步前进。结果就生成了一个生物走过崎岖地带的逼真图像。与我们看到的“哔哔鸟” [28] 动画不同，在这个片子里，动物何时搬动哪条腿，不是由人来决定的。从某种意义上说，是这个角色自己做出了决定。塞尔彻团队后来还在他们的世界里加入了六条腿的能自动行走的“小活物”，甚至还弄出了一个会到山谷里逛一圈再回来的两腿生物。

塞尔彻的学生还组装了一个能够自己走路的卡通形象，叫“柠檬头”。柠檬头走起路来要比那些线条形象更真实也更复杂，因为它的行动需要更多的身体构件和关节支持。它可以非常逼真地绕过躺倒的树干之类的障碍。柠檬头启发了塞尔彻实验室的另外一个学生史蒂文·斯特拉斯曼 [29]，他想试试在设计行为库上到底能走多远。基本的想法就是给柠檬头这样的通用角色提供一本收集有各种动作和姿势的“剪贴簿”。想要擤鼻涕？行，这有一整张碟的动作可选。

斯特拉斯曼想用简单易懂的英语来指导角色。你只要告诉它做什么，它就会从“行为库”里找到一组合适的素材，然后再按照恰当的次序把它们组成一个合理的动作。比如说，你告诉它站起来，它就会知道应该先把自己的脚从椅子下面移出来。“瞧，”斯特拉斯曼在演示开始前提醒我说，“这家伙写不了奏鸣曲，但它能坐在椅子上。”

斯特拉斯曼启用了两个角色，一个叫约翰，一个叫玛丽。故事发生在一个普通房间里；视角是从天花板的某个倾角俯视的——这多少有点神之俯视的意味。斯特拉斯曼管这个叫作“桌面剧场”。这对夫妇在戏中时不时会发生口角。而斯特拉斯曼这次是要来一场两人分手的戏。他是这么输入的：“这一幕里，约翰发火了。他很粗暴地把书递给了玛丽，但是她没接。他把书摔在了桌子上。就在约翰瞪着玛丽的当儿，玛丽站了起来。”写完他就按下了播放键。

计算机先是想了几秒钟，然后屏幕上的角色们就开演了。约翰皱起了眉头，他递书的那个动作非常僵硬；他攥紧了拳头。玛丽忽然站了起来。结束。没什么出彩的地方，他们的行动也不太像人的动作。要抓住那些转瞬即逝的姿势并不容易，因为他们的动作并不能引起观众的注意。看的人也没什么参与感，就只知道，在这个房间里有两个按照上帝设计的脚本互动了一下。

“我这个导演很执着，”斯特拉斯曼说，“如果我不喜欢某个场景的效果，就让他们再来一遍。”于是，他又输入了一段替代剧情：“这一幕里，约翰觉得难过。他左手拿着书。他温柔地把书递给玛丽，但她很有礼貌地拒绝了。”角色们按照这个剧本又演了一次。

难点在于人物动作的微妙之处。“我们拿起电话的方式会跟我们拿起一只死耗子的方式不一样，”斯特拉斯曼说，“我可以储存不同的手部动作，但难办的是不知道什么东西支配着这些动作。掌管这些选择的部门又是从哪里冒出来的呢？”

塞尔彻和他的同事迈克尔·麦肯纳<sup>[30]</sup>从粗线条形象和柠檬头那里吸取了经验，开始给六条腿的小生物添枝加叶，把它变成一只邪恶的金属铬蟑螂，让这个小昆虫成为有史以来最古怪的一部计算机动画片中的明星。他们开玩笑地把这部短片叫作“咧嘴笑的邪恶死神”。这部片子长五分钟，主要讲述了一只来自外太空的金属巨虫入侵地球并摧毁了一座城市的故事。这个故事虽然无聊，但是故事的主角，那个六腿怪物，却是世界上第一只“小活物”——一只内部驱动的人造动物。

当这只奇大无比的铬蟑螂在街上爬行时，它的行为是“自由的”。程序员告诉它“走过这片建筑”，计算机里的虚拟蟑螂就会设法搞明白它的腿应该如何动作，它的躯干应该转动到什么角度，然后煞有其事地扭动着爬过一座5层高的砖房。程序员给这只大虫子的只是行动的目标，而不是动作的指令。从楼上下来时，一股人工重力会对这个巨大的机器蟑螂形成一种牵引，让它往下掉。当它掉下来的时候，模拟的重力和模拟的表面摩擦力会让它的腿像在现实中那样反弹和打滑。这只蟑螂不需要它的导演们为它繁琐的腿部动作伤脑筋就能把动作做好。

人们正在尝试更进一步的自主虚拟角色：提取出巨型蟑螂那自下而上的行为引擎，为它包裹上侏罗纪恐龙的迷人外壳，就得到了一个

数字电影演员。给这个演员上紧发条，给它分配充足的计算机周期，再像指导真人演员那样对它进行指导。程序员只要给它下达一些通用的指令——如“去找吃的”，它就会自己弄明白如何通过协调自己的肢体来完成指令。

当然，造梦并不是那么容易的事情。移动只是行动的一个方面。仿真生物除了移动之外，还必须寻找路线，表达情感，做出反应。为了创造出不仅仅会走路的生物，动画师们（还有机器人研究者们）需要找出办法来培育出所有类型的自然行为。

## 16.4 行为学架构中的代理

20世纪40年代，欧洲著名的动物观察三人组——康拉德·劳伦兹 [31]、卡尔·冯·弗里希 [32] 和尼可·丁柏根 [33] 开始描述动物行为背后的逻辑。劳伦兹在家里养了一群鹅，冯·弗里希住在蜂窝环绕的房屋里，丁柏根则天天跟棘背鲈鱼和海鸥呆在一起。通过严谨而巧妙的实验，三位动物行为研究者把动物的滑稽行为归纳成值得尊敬的学科——“动物行为学”（粗略地说，就是研究行为特性的科学）。1973年，他们因为这一开创性的成就共同获得了诺贝尔奖。后来，当漫画师、工程师还有计算机科学家深入研究有关动物行为的文献时，他们非常惊讶地发现这三位行为学家早已建立起了一套非常好的行为框架，完全可以直接拿过来就用到计算机上。

行为学架构的核心是“去中心化”这样一个关键概念。正如丁柏根在他1951的著作《昆虫研究》（*The Study of Insect*）中指出的，动物行为是一种去中心化协同，它将许多独立的动作（驱动）中心像盖房子一样搭建到一起。有些行为模块是由反射现象组成的；它们能调用一些简单的功能，比如遇热时回缩，或者被触碰时闪避。这些反射现

象既不知道自己所处的位置，也不知道外界在发生什么事，甚至不知道它们所附属的这个身体当前的目标是什么。无论什么时候，只要出现适当的刺激，它们就会被触发。

雄性鳉鱼会本能地对下面这些刺激因素做出反应：一条已经到了交尾期的雌性鳉鱼，一条游到附近的虫子，一个从身后袭来的捕食者。但是，当这三种刺激因素同时出现的时候，捕食者模块总是会压制交配或者进食本能，抢先反应。当不同的行为模块之间或多个同时出现的刺激之间出现冲突的时候，就有某种模块被激活以做出决策。比如说，你正在厨房里，两手弄得很脏，这时候电话响了，同时外面又有人敲门。在这种情况下，那些相互冲突的冲动——赶快去接电话！不，先擦干净手！不，得冲到门口去！——就可能使你手足无措，除非这时有另外一个后天习得的行为模块进行仲裁，也许就是这个模块让你喊出声：“请等一下！”

从一个更积极的角度来看待丁柏根所说的驱动中心，这种驱动中心相当于某种代理。代理（不管它是什么物理形式）侦测到一个刺激，然后做出反应。它的反应，或者按计算机行话说是“输出”，在其他模块、驱动中心或代理看来可能是输入。一个代理的输出可能使其他模块处于能动状态（拉开撞针），或者激活处于能动状态的其他模块（扣动扳机），或者还可能取消邻近模块的能动状态（关闭撞针）。同时做揉肚子和拍头动作相当困难，因为出于某种未知的原因，其中一个动作压制另一个动作。通常，一个输出信息可能会在激活某些中心的同时抑制其他中心。显然，这是一个网络的架构，充斥着大量的循环因果关系和首尾相衔的怪圈。

外在行为就这样从错综复杂的盲目反射中涌现出来。由于行为源头的分布式特性，底层最简单的代理也能在上层产生意料之外的复杂行为。猫的身上并没有什么中心模块去决定这只猫挠自己的耳朵或者舔自己的爪子。相反，这只猫的所作所为是由独立的“行为代理”——

即各种反射——构成的乱麻般的网络决定的，这些代理彼此交叉激活，构成一个总体的行为模式（就是称为舔或挠的动作），从这个分布式的网络中冒了出来。

听起来这跟布鲁克斯的包容结构非常相似。它其实就是一种包容结构！动物就是能够正常运作的机器人。支配动物的去中心化、分布式控制在机器人和数字生物身上同样适用。

在计算机科学家的眼里，行为学教科书上那些相互连接的行为模块网络图，其实就是计算机的逻辑流程图。得出的结论是：行为是可以电脑化的。通过对子行为进行安排，任何人格特征都能够编成程序。从理论上来说，动物所具有的任何情绪，任何微妙的情感反应，都可以用计算机来生成。用来支配机器人罗比的那种自下而上的行为管理机制也可以用来支配银幕上的生物，而这也正是从活生生的燕雀和棘背鱼那里借鉴来的机制。与燕雀歌唱和鱼儿摆尾所不同的是，分布式系统吞吐着数据，让计算机屏幕上的大腿动起来。这样，银幕上的自主动画角色就可以按照和真正动物一样的一般组织规则来行动。尽管是合成的，它们的行为却是真实的（或者至少是超真实的）。因而可以说，动画人物就是没有实体的机器人。

能够被编程的远不只是动作。性格也同样可以被封装到数字里。沮丧、兴奋还有愤怒都可以作为模块添加到造物的操作系统中。某些软件公司销售的恐惧情感程序会比其他公司的好。也许，他们还会销售“关联式恐惧”——这种恐惧不仅仅表现在生物的身体上，还会渗入到一连串的情感模块中，并随着时间的流逝而逐渐消散。

## 16.5 给自由意志强加宿命



行为想要自由，可如果要为人类所用，人工生成的行为就需要受到监管和控制。我们希望机器人罗比或者兔八哥能够在不需要我们监管的情况下自行完成任务。与此同时，罗比或兔八哥所做的事情并不都是有成效的。我们怎么才能向机器人、或者没有实体的机器人、或者任何一种人工生命颁发自由行动的许可证，同时还继续引导它们成为对我们有用的东西？

卡内基梅隆大学关于互动文学的研究项目出人意料地揭示出这个问题的部分答案。该项目的研究员约瑟夫·贝茨虚构了一个叫作“奥兹”<sup>[34]</sup>的世界，这个世界多少有点类似史蒂文·斯特拉斯曼创造的那个居住着约翰和玛丽的小房间。在奥兹中有各种角色，一个物理环境，还有一个故事——跟古典戏剧中的三元素完全一样。在传统戏剧中，故事讲述着角色和环境。不过，在奥兹中，这种控制关系略微颠倒过来；在这里，角色和环境影响着故事。

创造奥兹的目的就是为了好玩。这个奇幻虚拟世界中聚居着自动机器人和受人类控制的角色。游戏的目的是让人们参与创建这个环境、故事以及其中的自动机器人，既不会破坏故事情节，又不仅仅是个旁观者。为这个项目出谋划策的戴维·塞尔彻举了一个非常好的例子来作说明：“假设我们为你提供一个数字版的《白鲸》，没有理由不让你在裴廓德号上拥有一个舱。你可以跟正在追踪白鲸的大副斯达巴克聊天。故事有足够的空间让你参与进去，也用不着去改情节。”

奥兹世界涉及了三个控制研究的前沿领域：

◎如何组织一个既允许一定偏离又围绕着既定结局的故事？

◎如何构建一个能产生意外事件的环境？

◎如何创造自主但又受节制的生物？



我们从史蒂文·斯特拉斯曼的“桌面剧场”来到了约瑟夫·贝茨的“计算戏剧”。贝茨想象的是一种具有分布式控制的戏剧。故事变成了某种类型的共同进化，这种进化也许只有外部的边界是预先设定的。你可以进入《星际迷航》的某一幕里施加影响以形成另一条故事线索；你也可以跟合成的堂吉诃德把臂同游，共同面对新的狂想。贝茨本人最关心的是人类用户对奥兹的使用体验。对于他的课题，他是这么说的：“我研究的问题是，怎样在不剥夺用户自由的情况下，给他们设定某种结局？”

我对控制的未来的探寻是从被造物而不是造物主的角度出发的，因此我把贝茨的问题改为：怎样在不剥夺人工生命角色自由的情况下，给它设定某种结局？

布莱德·格拉夫相信，控制的这种转换改变了作者们的写作目标：“我们正在创造一种完全不同的东西。我所创造的不是故事，而是一个世界。我创造的是一种人格，而不是角色之间的对话和动作。”

当我有机会和贝茨开发的这些人工角色嬉戏的时候，我才体会到这种具有人格的宠物是多么的有趣。贝茨管他的宠物叫“小圆扣”。小圆扣有三种：蓝色，红色，还有黄色。这些小圆扣是有两个眼睛的弹性球体。它们在一个只有台阶和洞穴的简单世界中蹦来蹦去。每一种颜色的小圆扣都被编排了一组与众不同的行为模式。一种颜色是羞怯型的，另一种是进攻型的，还有一种则是模仿型的。当一个小圆扣恐吓另外一个小圆扣的时候，进攻型的小圆扣就会张牙舞爪以吓退威胁者；羞怯型的则会浑身发抖，然后逃之夭夭。

在一般的情况下，这些小圆扣会在自己的群体中到处跳来蹦去，做一些小圆扣才会做的事情。但是，如果有人要在它们的空间里插入一个光标，进入了它们的世界，它们就会和到访者进行互动。它们可能会跟着你到处跑，也可能躲着你，或者等到你离开了再继续去骚扰其他小圆扣。你确实是在这个局里，但你却无法控制这里的局面。

我从一个原型世界那里获得了对未来的宠物控制更清晰的感觉。这个世界是对贝茨小圆扣世界的某种拓展。日本富士通实验室的一个虚拟现实研究小组选取了类似小圆扣的角色，经过加工把它们做成了栩栩如生的虚拟三维角色。我观看了一个头戴笨重的虚拟现实头盔、手戴数据手套的伙计做的现场演示。

他当时身在神奇的水下世界。一座朦胧的水下城堡在深远的背景中微微闪光。几个古老的希腊式立柱和齐胸高的海草一起点缀着眼前的游戏区。三只“水母”在周围游来荡去，还有一条类似鲨鱼的小鱼在四处巡游。那些样子像蘑菇、大小跟狗差不多的水母，会根据它们的情绪或者行为状态改变自己的颜色。当它们三个自己玩耍的时候，它们是蓝色的。这时，它们可以不知疲倦地蹦蹦跳跳。而如果虚拟人招手示意它们过来，它们就会兴奋地弹过来，颜色也随之变成橙色，像等着追逐棒子的友善小狗一样跳上跳下。当虚拟人向它们表示关注时，它们会一脸幸福地闭上眼睛。这位伙计还可以通过食指发射出一束蓝色激光召唤远处那条不那么友好的鱼，实现一次远距离的抚摸。这个动作会改变鱼的颜色，也会引起它对人类的兴趣，这样一来，它会绕得近一些，然后在附近游来游去——不过，它像猫儿那样，不会跟你贴得很近——只要蓝色光线时不时地触碰鱼儿，它就会做出同样的举动。

哪怕从外面看，这些活动在一个公共三维空间里、具有某种三维形态、有一些自主行为的人工角色也明显有着各自不同的特性。我可以想象和它们一起去冒险。我可以想象它们是侏罗纪恐龙，而我真的被它们吓着。当虚拟鱼游得太靠近头部的时候，连那位富士通的仁兄也会吓得蹲下躲避。“虚拟现实，”格拉夫说，“只有里面住满了有趣的角色，才会有趣。”

派蒂·梅斯 [\[35\]](#) 是麻省理工学院媒体实验室的人工生命研究员。她极度痛恨那种戴着眼镜和手套才能进入的虚拟现实，因为这身披挂实

在是“太过人工”而且太过拘束。于是她和她的同事桑迪·朋特兰德 [36] 琢磨出了另外一种跟虚拟生物进行互动的方法。她的系统叫作 **ALIVE**，可以让人通过计算机屏幕和摄像机来跟动画生物进行互动。摄像头对着人类参与者，把观察者嵌入他/她在计算机屏幕上看到的世界之中。

这个巧妙的设计能让人产生一种真实的亲切感。我可以通过移动我的手臂来跟屏幕上的小“仓鼠”互动。这些仓鼠长得像安在轮子上的烤面包机，不过它们却是能自主寻找目标的小活物，具有丰富的动机、感觉和反应。当这些仓鼠饿了一段时间之后，它们会在封闭的围栏中四处漫步寻找“食物”。它们会各自找伴，有时候还会相互追逐。如果我的手动得太快，它们会逃避开去。如果我慢慢移动手掌，它们又会因为好奇而跟着我的手走。这些仓鼠会坐起身来讨要食物。而玩累了的时候，它们躺倒就睡。它们是某种介于机器人和动画动物之间的存在，距离真正的虚拟角色仅几步之遥。

眼下，派蒂·梅斯正试图教会这些生物“怎样做正确的事情”。她想让她创造出来的生物在不太受人监护的情况下，通过它们在环境中的经验来学习东西。如果侏罗纪的恐龙们不能学习，那它们就不能称为真正的角色。如果一个人类虚拟角色不能学习，那创造这种角色就很难说有什么实际意义。按照包容架构模型，梅斯正在构造一个算法的层级，以使她的造物不仅具有适应力，还能将自身导向更为复杂的行为模式，并且——作为这一整套设计必不可少的部分——还能让它们的目的从行为中自然地涌现出来。

迪斯尼和皮克斯的动画师们差点被这个想法惊呆了，但总有一天米老鼠会拥有自作主张的能力的。

## 16.6 米老鼠重装上阵

2001年冬天，在迪斯尼片场的一个角落里，一辆拖车被布置成了最高机密实验室。一卷卷古老的迪斯尼动画磁带，一堆堆大容量电脑硬盘，还有三个24岁的计算机图形艺术家藏身其中。他们用了大约三个月的时间解构了米老鼠。这个只出现在二维动画片里的家伙被重新塑造成一个具有三维潜质的存在。他知道怎样走路、跳跃和起舞，怎样表示惊讶，怎样挥手道别。他虽然仍不会说话，却能够对口型。焕然一新的米老鼠现在装在一个2G的移动硬盘里。

这块硬盘被带着穿过旧的动画制作室，经过一排排空荡荡的、积满尘土的动画架，最后到达摆着硅谷图形工作站的小隔间。米奇迫不及待地跳入电脑。动画师们早就为这只老鼠创造了一个应有尽有的人工世界。他被带入布景，摄像机启动。开机！米奇在他家的楼梯上失足，重力把他拉倒。他那富于弹性的屁股摔在木板楼梯上，产生出逼真的弹跳效果。一阵虚拟的风从敞开的前门刮进来，吹走了他的帽子。而当他要去追自己的帽子的时候，地毯却从他下面滑走，并遵循织物的物理规律卷成一团，正如米奇因其仿真出来的重量而摔倒一样。整个过程中米奇只收到了一个指令，就是进入房间且一定要去追自己的帽子。其他事情都是自然发生的。

1997年之后，就没有人再去用手画米老鼠了。没有必要再这么做。哦，有时候动画师们还是会插上一脚，对这里或那里的某个关键面部表情做一下润色——制片方把这些动画师称为化妆师。基本上，米奇拿到一个剧本，然后他就照演。而且，他——或者他的分身，现在是全年无休息地同时出现在多部电影的片场。当然，他也从来不会抱怨。

图形高手们并未因此而满足。他们在米奇的代码中加入了一个梅斯的学习模块。有了这个之后，米奇就成长为一个合格的演员了。他会对同一幕里其他大牌演员——譬如唐老鸭和高菲狗——的情绪和行为作出反应。每当一场戏重拍的时候，他都会记得上一次的表演，并

在下一次加以强化。他也借助外力来进化。程序员调整他的代码，提高他的动作流畅性，丰富他的表情，并且使他的感情更具深度。他现在可以扮演一个“情感丰富的家伙”了。

不仅如此，经过了5年的学习，米奇现在已经开始有自己的主见了。不知怎么的他对唐老鸭充满敌意；而如果有人用木槌敲他的头的话，他就会暴跳如雷。一旦生起气来，他就会变得非常固执。经年的学习让他懂得了要避免各种障碍物和崖边，如果导演让他在悬崖边行走，他就会迟迟疑疑。米奇的程序员们抱怨说，如果要编一段程序来避免这些癖性，就不得不破坏另外一些米奇已有的品性和技能。“这就好比是一个生态环境，”他们说，“你要想移走一个东西，就肯定会搅动整个环境。”关于这一点，有一位图形专家说得最好：“实际上，这就跟心理学一样。这只老鼠现在有一个真正的人格。你不可能把人格分割开，你只能在它的基础上做些补救。”

到了2007年的时候，米老鼠就是个相当不错的演员了。在经纪人那里他炙手可热。他会说话。他可以熟练地应对你能想象的任何一种闹剧情境。他确实有自成一派的绝活。他有很强的幽默感，还有一种喜剧演员才有的让人难以置信的把握时机的能力。唯一的问题就是，如果与他共事的话，你会发现他是个混蛋。他会突然发飙然后暴跳如雷。导演们恨死他了。不过他们得容忍他——他们还见过更刺儿的——说到底，他是米老鼠。

而最棒的是，他永远不会死，也永远不会老。

迪斯尼公司在影片《谁陷害了兔子罗杰》[\[37\]](#)中预示了这种动画角色的解放。这部电影里的动画角色们各自拥有独立的生活和梦想，但它们只能呆在动画城这个属于它们的虚拟世界里，只有在需要时它们才能出来在电影中进行表演。按照设定，这些动画角色可以是合作、愉快的，也可以不是。它们拥有像人类演员那样的任性和坏脾

气。兔子罗杰虽说是个虚构的角色，但是，总有一天，迪斯尼非得和一只自主的、失控的兔子罗杰打交道不可。

问题就在于控制。米奇在它的第一部电影《蒸汽船威利号》[\[38\]](#)中，受到沃特·迪斯尼的完全操控。迪斯尼和米老鼠是两位一体的。随着越来越多的逼真行为被植入米奇，他和他的创造者之间就越来越貌合神离，也就愈发失控。对有孩子或宠物的人来说，这算不上什么新鲜事。但对于那些拥有卡通角色或者机器（这些机器会变聪明）的人来说，就是非常新鲜的事了。当然，无论是小孩子还是宠物都不会完全地失控。他们的服从体现了我们直接的权威，而且他们的教育和成型更体现出我们更大程度的间接控制。

描述这一状况的最恰当说法是：控制是一个范畴：一端是“一体”式的全面支配，另一端则是“失控”；这两端之间则是各种类型的控制，我们尚没有恰当的词语与之对应。

直到最近，我们所有的人工产品、所有的手工造物都仍然处在我们的威权之下。可是，由于我们在培育人工产品的同时，也培育出了合成的生命，因此，也预示着我们将丧失令行禁止的特权。老实说，所谓“失控”，是对未来的一种夸张描述。那些我们赋予了生命的机器还是会间接地接受我们的影响和指导，只不过脱离了我们的支配而已。

尽管我已经四处寻找，却仍然找不到一个恰当的词来描述这一种类型的影响。我们确实没有一个恰当的名字来称呼这种在具有影响力的创造者和拥有自己心智的造物之间的松散关系。我们在未来还会见到更多这样的造物。按理说，在父母与子女的关系范畴里应该有这么一个词，但可惜的是没有。我们有“牧羊”这个词来描述和羊群的关系：当我们放牧一群羊的时候，我们知道自己不具有完全的权威，但我们也并非全无控制。也许，我们将会“放牧”人工生命。



我们也会“栽培”植物，帮助它们实现其自身的目标，或者对它们稍加影响以为我所用。“管理”这个词，也许在意义上最贴近我们对人工生命（譬如那只虚拟的米老鼠）所能施加的控制。女人可以“管理”她不听话的孩子，或者一只乱叫的狗，也可以管理她属下300名能力高超的销售人员。迪斯尼也可以管理电影里的米老鼠。

“管理”这个词虽然贴近，但并不完美。我们虽然在管理着像大沼泽地那样的野生环境，但实际上我们对那里的藻类、蛇、湿地野草等几乎没有什么发言权；我们虽然在管理着国民经济，可它还是为所欲为；同样，我们虽然在管理着电话网络，但我们并没有监控某个特定的通话是如何完成的。“管理”所意味的高高在上的监管权力，远远超出我们在上述例子中所能行使的权力，也超出了未来我们在极其复杂的系统中所能行使的权力。

## 16.7 寻求协同控制

我要寻找的词更接近于“协同控制”（co-control）。在某些机械类的语境中已经看到有人在用这个词了。在恶劣的天气里使747大型喷气式客机平稳降落是个非常复杂的任务。由于飞机上有好几百个系统同时在运转，高速的飞行又要求反应迅速，而飞行员经过长途飞行后往往困倦不堪，再加上恶劣的天气，都使得计算机能够比人类飞行员更好地胜任驾驶工作。上百条生命系于一身，不允许出现任何差错和失误。那么，为什么不让一台非常聪明的机器来控制飞机呢？

工程师们在飞机上加装了自动导航系统。事实证明这套系统非常好使。它驾驶的大型喷气式客机无论是飞行还是降落都完美无缺。自动驾驶也轻易地满足了空中交通管制员对于秩序的渴求——所有的东西都处于数字化监控之中。最初的想法是，人类飞行员可以监视计算机，以应对可能出现的问题。不过唯一的问题是，人类做这种消极的



监工实在是不怎么地。他们会觉得无聊，于是走神，随之忽视一些关键的细节。然后，紧急情况突然发生，他们不得不忙着“救火”。

因此，现在的新想法不是让飞行员去盯着计算机，而是反过来让计算机盯着飞行员。欧洲的空中客车A320是迄今为止世界上自主程度最高的飞机之一，它就采用了这种方式。从1988年开始，飞机上的机载计算机就开始担负起监督飞行员的工作。当飞行员推动操纵杆使飞机转向的时候，计算机计算出左倾或者右倾的程度，但它不允许飞机的倾斜度超过67度，也不允许机头抬起或低下的幅度超过30度。用《科学美国人》的话来说，这意味着“这个软件织出了一个能够阻止飞机超出其结构限度的电子茧”。这还意味着飞行员们的抱怨，抱怨交出了控制权。1989年，英航驾驶747客机的飞行员经历了6次不同的事故，每一次他们都必须推翻计算机发出的减小动力的指令。如果他们当时没能成功地纠正自动导航系统的失误——波音公司后来把这些错误归咎于程序漏洞，就可能导致机毁人亡。而空中客车A320上竟然不提供让飞行员纠正自动系统的手段。

人类飞行员觉得他们是在为飞机的控制权而战。计算机应该做飞行员还是导航员？飞行员们取笑说，计算机就像是放到了驾驶舱里的一条狗。狗的任务就是在飞行员想要去控制的时候咬他；而飞行员唯一要做的就是喂狗。实际上，在自动飞行的新行话里，飞行员被称为“系统管理员”。

我相信计算机终将成为飞机上的副驾驶员。它将完成许多飞行员不能胜任的工作。但是，飞行员会管理——或者说“放牧”——计算机的行为。而且机器和人这两者之间会不停地发生些小龃龉，就像所有具有自主性的事物一样。他们将以协同控制的方式来驾驶飞机。

皮特·利特维诺维兹 [\[39\]](#) 是苹果公司的图形专家，他做了一件了不起的事。他从一个真人演员那里提取出身体和表情动作，然后把这些

应用到数字演员身上。他先让一个人类演员用一种夸张的方式要一杯干马蒂尼，然后把这些姿态——扬起的眉毛、唇边的傻笑、头部的轻快摆动等，用来控制一只猫的脸部活动。这么一来，这只猫演绎这句台词的方式和这个演员完全一样。随后，利特维诺维兹又把演员的表情用到一个卡通角色上，接着又用到一副木然的古典面具上，最后他甚至让树干作出了同样的表演。人类演员是不会因此而失业的。尽管有些角色具有完全的自主性，但是绝大多数角色本质上还是人机混合的。演员可以让一只动画猫鲜活起来，而这只猫又会倒过来教他如何做得更像猫。演员可以“驾驭”卡通角色，就像牛仔骑马一样，或者像飞行员驾驶由计算机掌舵的飞机。数字化的忍者神龟能自己满世界飞奔，而与它共享控制权的人类演员则面带微笑地时不时给它补点妆，或者恰到好处地发出一声怪叫。

《终结者II》的导演詹姆斯·卡梅隆 [40] 最近对一群计算机图形专家说：“演员们都喜欢化妆。他们愿意在化妆椅上坐8个小时等妆化好。我们必须让他们参与到合成角色的创作中。给他们以新的身体和新的面容，来拓展他们的表演。”

控制的未来是：伙伴关系，协同控制，人机混合控制。所有这些都意味着，创造者必须和他的造物一起共享控制权，而且要同呼吸共命运。

---

[1] 《石头城乐园》（The Flintstones）：改编自20世纪60年代的同名卡通片，1994年上映。

[2] 工业光魔公司（Industrial Light and Magic）：是一家动画视觉特效公司，由乔治·卢卡斯于1975年5月创立，隶属于卢卡斯电影公司。

[3] 马克·戴普（Mark A.Z. Dippé, 1958~）：1991年起参与多部影片的视效、制片、导演、剧作等工作。

[4] 匹诺曹：意大利童话《木偶奇遇记》的主角，一个爱说谎的木偶，最后改正错误变为真人。

[5] 迈克尔·凯斯（Michael Kass）：皮克斯动画制作公司的高级科学家。和戴维·巴拉夫、安德鲁·威特金一起开发了为影片《怪物公司》渲染衣服和毛发的动画软件。凯斯在电脑图形图像、计算机视觉领域的研究使他获得了许多奖项，包括电子艺术大奖、图像大奖等。

[6] 盖文·米勒（Gavin Miller）：Adobe公司的科学家。

[7] 计算机辅助设计：CAD – Computer Assisted Design

[8] 自动成型（Automatic Fabrication）：根据作者的描述，这种技术现在称为快速原型技术（Rapid Prototyping）。

[9] 约翰·沃克（John Walker，1950～）：电脑程序员，AutoCAD早期版本的创作人之一。与Autodesk一样，AutoCAD采用了程序员迈克尔·瑞德尔（Michael Riddle）的创意。

[10] 普鲁辛凯维奇（Przemyslaw Prusinkiewicz）：波兰计算机科学家。

[11] 《妙妙探》（The Great Mouse Detective）：又译为《鼠辈侦探》、《傻老鼠与大笨狗》，迪斯尼出品，1986年上映。

[12] 《救难小英雄之澳洲历险记》（The Rescuers Down Under）：迪斯尼出品，1990年上映。

[13] 信天翁奥维尔（Orville the Albatross）：是《救难小英雄》（The Rescuers）中的角色，帮助两位老鼠主角逃生的重要人物。但在续集《救难小英雄之澳洲历险记》中出现的应该是他的兄弟威尔伯（Wilbur）。

[14] 《小美人鱼》（The little Mermaid）：迪斯尼出品，1989年上映。

[15] 《美女与野兽》（Beauty and the Beast）：迪斯尼出品，1991年上映。

[16] 迪斯尼第一部完全数字化的动画：这里应该是指《玩具总动员》（Toy Story），于1995年夏天上映。

[17] 约翰·拉塞特（John Lasseter）：皮克斯公司创意执行副总裁，导演，动画师。他导演完成的计算机动画电影《玩具总动员》，赢得了奥斯卡特别成就奖。

[18] 皮克斯公司（Pixar）：前身是卢卡斯电影公司下的电脑动画部。1986年史蒂夫·乔布斯以1000万美元收购该部门，成立皮卡斯公司。1991年开始与迪斯尼结为合作伙伴。2006年被迪斯尼以74亿美元收购。

[19] 拉尔夫·古根海姆（Ralph Guggenheim）：皮克斯公司创始人之一，首席执行官，并身兼动画部的副总裁。在皮克斯工作室任职期间，他负责工作室的成长和发展，使从1986年的7人发展到1997年的350名员工。他的许多成就中，包括为皮克斯和迪斯尼制作的《玩具总动员》。这部动画片的制作费用为3000万美元，票房收入超过3.5亿元，是全球所有动画片中最成功的一部。

[20] 《小锡兵》（Tin Toy）：是皮克斯公司1988年制作的短片，是第一部赢得奥斯卡的动画短片，也是《玩具总动员》的创意来源。

[21] 布莱德·格拉夫 (Brad deGraf)：风险投资人和数字媒体投资分析师。2001年被《动画》杂志评为“年度瞩目人物”。自1982年以来他一直是电脑动画在娱乐行业的领军人物。

[22] 《流动的电视》 (Liquid TV)：美国音乐电视台 (MTV – Music Televisions) 在20世纪90年代播放的动画栏目，时长30分钟，包含一系列风格迥异的小节目，但其中也包含某些固定的元素。该系列曾获艾美奖。

[23] 硅谷图形公司 (Silicon Graphics Inc., 简称SGI)：1981年11月在美国加州创立，生产加速3D显示的专门硬件和软件。2006年3月8日宣布破产。

[24] 彼得·盖布瑞尔 (Peter Gabriel, 1950.02.13~)：出生于英国伦敦，是个音乐鬼才，不但是乐队主唱，而且键盘、打击、木管等乐器都是拿手绝活。

[25] 科米蛙 (Kermit the Frog)：是著名布偶艺术家吉姆·汉森 (Jim Henson) 创造的最受欢迎的形象。1955年首次亮相，之后出现在许多布偶剧中，包括《芝麻街》 (Sesame Street)，并在好莱坞星光大道上占有“一席之地”。

[26] 戴维·塞尔彻 (David Zeltzer)：麻省理工学院媒体实验室电脑图形图像及动画制作组成员。

[27] 小活物 (animat)：这是一个造出来的词，表示有自主动作的动画生物。

[28] 哔哔鸟 (Road Runner)：是一只卡通鸟，与另一个卡通形象丛林狼威尔 (Wile E. Coyote) 一起在一系列动画片里无止境地追逐和奔跑。

[29] 史蒂文·斯特拉斯曼 (Steve Strassman)：交互式视像科学的先行者和专家。他在麻省理工大学媒体实验室获得博士学位，导师是马文·明斯基。他先后在苹果公司等4个单位做研究，又开过两家由风投资金支持的公司，现在是橙子假想工程公司的首席影像工程师。

[30] 迈克尔·麦肯纳 (Michael McKenna)：麻省理工学院媒体实验室电脑图形图像及动画制作组成员。

[31] 康拉德·劳伦兹 (Konrad Lorenz, 1903~1989)：奥地利动物行为学家。1973年由于对动物行为学研究方面开拓性的成就而获诺贝尔奖。除了在学术上的成就之外，劳伦兹最为人称道的是他在动物行为方面的通俗写作，著有《所罗门王的指环》、《攻击的秘密》、《雁语者》、《狗的家世》等。

[32] 卡尔·冯·弗里希 (Karl von Frisch, 1886.11.20~1982.06.12)：德国动物学家，行为生态学创始人。出生于奥地利维也纳，逝于德国慕尼黑。

[33] 尼可·丁柏根 (Niko Tinbergen, 1907~1988)：荷兰裔英国动物行为学家，他最大的贡献在于总是能设计出精准严谨的实验来验证自己以及他人的假设。

[34] 奥兹 (Oz)：既是《绿野仙踪》里的一个神秘国度，也是这个国度的主宰者——一个无所不能的巫师的名字。传说奥兹能帮来者实现所有的梦想，具有无边的魔力。

[35] 派蒂·梅斯 (Pattie Maes)：软件信息技术领域的先驱者之一。她是麻省理工学院媒体实验室的副教授，自1994年以来一直是活跃的因特网创业者，成立了萤火虫网络公司和其

他几个公司。

[36] 桑迪·朋特兰德 (Sandy Pentland)：麻省理工学院教授，是计算机科学领域论文被引用次数最多的作者之一。他还是人类动态研究实验室的负责人。

[37] 《谁陷害了兔子罗杰》 (Who Framed Roger Rabbit)：迪斯尼出品，1988年上映，是一部真人与动画角色同台演出的影片，1989年获4项奥斯卡大奖。

[38] 《蒸汽船威利号》 (Steamboat Willie)：是迪斯尼官方指定的米奇出演的第一部作品，也被广泛认为是世界上第一部有声动画。它的首映日期——1928年11月18日——被定为米老鼠的官方生日。

[39] 皮特·利特维诺维兹 (Pete Litwinowicz)：计算机图形领域的程序员和技术专家。

[40] 詹姆斯·弗朗西斯·卡梅隆 (James Francis Cameron, 1954.08.16～) 生于加拿大的美国电影导演，擅长拍摄动作片以及科幻电影。他导演的这些电影经常超出预定计划和预算，不过都很卖座。詹姆斯·卡梅隆电影的主题往往试图探讨人和技术之间的关系。



## 第十七章 开放的宇宙

### 17.1 拓展生存的空间

一群蜜蜂从蜂巢里溜出来，然后聚成一团悬挂在一根树枝上。如果附近的养蜂人运气好的话，它们落脚的树枝很容易够着。此时，这些喝饱了蜂蜜又不需要看护幼蜂的蜜蜂就像瓢虫一样温顺。

我曾有过一两次将悬聚在我头部高度的蜂团移进自己的空蜂箱的经历。将上万只蜜蜂从树枝上移入蜂箱的过程可说是生活中的一场奇妙表演。

如果有邻居在看，你可以给他们露一手：在嗡嗡作响的蜂团下铺上一块白布或者一大块硬纸板。将布单一边盖在空蜂巢底部拉出的门板上，使布或硬纸板形成一个导向蜂巢入口的巨大坡道。此时，戏剧性地停一下，然后抓住树枝用力一抖。

蜂团整个儿从树上掉下来，落到布单上四下奔涌，像翻腾的黑色糖浆。成千上万只蜜蜂交叠在一起，乱哄哄地挤作一堆，嗡嗡作响。慢慢地，你会看出些眉目。蜜蜂们面向蜂巢的开口排成一行，鱼贯而入，就像是接受了同一个指令的小小机器人。它们确实收到了指令。如果你俯下身来靠近白布，将鼻子凑近蠕动的蜂群，会闻到玫瑰花似的香味。你会看见蜜蜂们一边行进，一边弓着背，猛烈地扇动着翅膀。它们正从自己的尾部喷出玫瑰香气，并把它扇到身后的队伍里。这种香气告诉后面的伙伴们：“蜂后在此，跟我来。”第二个跟着第一

个，**第三个**跟着**第二个**，五分钟后，整个蜂群都钻进了蜂箱，布单上几乎空空如也。

地球上最初的生命是不可能上演这一幕的。这并非因为缺少足够的变种。早期的基因根本就没有施展这种本事的能力。用玫瑰的味道来协调上万只飞虫聚成一个目标明确的爬行怪物，这不是早期生命所能做到的。早期生命不仅还未能创造出大戏上演的舞台——工蜂、蜂后、花蜜、树、蜂巢、信息素，而且连搭建这个舞台的工具也还没有创造出来。

大自然之所以能产生令人震惊的多样性，是因为它在本质上是开放的。生命不会仅靠最早诞生的那几个基因去产生令人眼花缭乱的變化。相反，生命最早的发现之一是如何创造新的基因，更多的基因，可变的基因，以及一个更大的基因库。

博尔赫斯图书馆里的一本书含有相当于100万个基因的信息量；而一帧高分辨率好莱坞电影画面所含的信息相当于3000万个基因。由此构建的“书库”尽管堪称庞大，在由所有可能存在的书库组成的“元书库”中，它们不过是一粒尘埃。

生命的特征之一是它会不断地拓宽自身的生存空间。大自然是一个不断扩展的可能性之库，是一个开放的大千世界。生命一边从书架上抽出最不可思议的书来，一边为藏书增建厢房，为更不可思议的文本创造空间。

我们不知道生命如何突破了从固定基因空间到可变基因空间的分界线。也许某一个特殊的基因决定着染色体中基因的数量。只要使那一个基因产生变异，就可以使链中基因的总数增加或减少。也许基因组的大小是由多个基因间接决定的。或者更有可能的是，基因组的大小是由基因系统自身的结构决定的。



汤姆·雷的实验显示，在他的自我复制世界里，可变的基因长度瞬时就涌现出来了。他的造物自行决定其基因组的长度（由此也决定了它们可能存在的基因库的规模），短至出乎他意料的22字节，长至23000字节。

开放的基因组带来开放的进化。一个预先设定了每个基因的工作或基因数量的系统只能在预先设定的范围内进化。道金斯、拉萨姆和西姆斯最初的那些系统以及俄罗斯程序员的电子鱼，都搁浅在这个局限性上。它们也许能生成所有可能的具有既定大小和深度的画面，但不能生成所有可能的艺术品。一个没有预先确定基因角色和数量的系统才能出奇制胜。这就是汤姆·雷的造物造成轰动的原因。从理论上说，他的世界只要运行时间够长，在最终的形式库中就能进化出任何东西。

## 17.2 生成图像的基元组

形成开放基因组的方法不止一种。1990年，卡尔·西姆斯利用二代连接机（CM2）的超级计算能力设计了一个由长度可变基因组组成的新型人工世界，比他设计的植物图像世界更为先进。西姆斯的妙招是创造一个由小方程而非长串数码组成的基因组。他原来的基因库中每个固定长度的基因各控制着植物的一个视觉参数；这个新基因库则拥有长度不定且可自由扩展的方程，籍此绘制各种曲线、色彩和形状。

西姆斯的方程——或着说基因，是一种计算机语言（LISP）<sup>[1]</sup>的小型自包含逻辑单元。每一个模块都是一个算数指令，诸如加、减、乘、余弦、正弦。西姆斯把这些单元统称为“基元组”——它们构成了一个逻辑的字母表。只要有一张恰当的逻辑字母表在手，就可以建立任何方程，就像用适当多样的语音元素表就能合成任何语音句子

一样。加、乘、余弦等的相互组合能产生任何我们想得出的数学方程。既然任何形状都可以用方程来表达，这一基元字母表也就可以画出任何一种图像。增加方程的复杂性也就神奇地扩大了所生成图像的复杂性。

方程基因库还有个意外的好处。在西姆斯的原版世界（以及在汤姆·雷的“地球”和丹尼·希利斯的共同进化的寄生虫世界中），有机体是一串串每次随机转换一个数字的数码，就像博尔赫斯图书馆里的书那样，一次改变一个字母。而在西姆斯的改良版世界里，有机体成了一串串每次随机转换一个基元的逻辑基元组。仍以博尔赫斯图书馆为例的话，这次被调换的是词而不是字母。每本书里每个词的拼写都正确，每本书的每一页由此就更有实际意义。但是，对于以词为原料的博尔赫斯图书馆来说，要煮这锅汤 [2] 至少需要数以万计的词，而西姆斯仅用一打左右的数学基元就能列出所有可能的方程。

对逻辑单元而不是数字位元做进化，最根本的优势还在于它能马上将系统引上通往开放宇宙的大道。逻辑单元本身就是功能，而不像数字位元那样仅仅是功能的数值。在任意一个地方增加或交换一个逻辑基元，程序的整体功能就会产生转变或得到扩展，从而在系统中涌现出新功能和新事物。

而这就是西姆斯的发现。他的方程进化出全新的图像，并把它们显示到计算机屏幕上。这个新的空间是如此之丰富，使西姆斯大为震惊。由于基元组只包含逻辑部件，西姆斯的LISP字母表确保了大部分方程所绘出的图像都具有某种模式。屏幕上不会再充斥着模糊灰暗的图像，无论西姆斯“漫步”到哪里，都能看到令人惊艳的风景。“艺术”仿佛成了信手拈来之物。一开始，屏幕上布满了狂野的红色和蓝色之字形线条。下一刻，屏幕的上部点缀着黄色的斑斑点点。之后，斑点下出现一条朦胧的水平线，再接着，是重笔墨的波浪伴着蓝色的海天一线。再然后，斑点洇成毛茛花般嫩黄的圆晕。几乎每一轮画面都

展现出惊人的创意。一小时内，上千张美轮美奂的图像被从其藏身之所唤起，第一次也是最后一次展现在我们面前。这好比站在世上最伟大的画家身后，观看他创作从不重复主题和风格的速描。

当西姆斯选中一幅图画，繁衍出其变种，再从中选取另一幅时，他所进化的不只是图像。撇开表象，西姆斯进化的是逻辑。一个相对较小的逻辑方程能绘制出一幅让人眼花缭乱的复杂图画。西姆斯的系统曾经进化出下面这段逻辑代码：

```
(cos (round (atan (log (invert y) (+ (bump (+ (round x y) y) #(0.46 0.82
0.65) 0.02 #(0.1 0.06 0.1) #(0.99 0.06 0.41) 1.47 8.7 3.7) (color-grad (round
(+ y y) (log (invert x) (+ (invert y) (round (+ y x) (bump (warped-ifs (round
y y) y 0.08 0.06 7.4 1.65 6.1 0.54 3.1 0.26 0.73 15.8 5.7 8.9 0.49 7.2 15.6
0.98) #(0.46 0.82 0.65) 0.02 #(0.1 0.06 0.1) #(0.99 0.06 0.41) 0.83 8.7
2.6)))))) 3.1 6.8 #(0.95 0.7 0.59) 0.57))) #(0.17 0.08 0.75) 0.37) (vector y
0.09 (cos (round y y))))))
```

这个方程在西姆斯的彩色屏幕上绘出了一幅引人注目的图画：北极的落日余辉映照在两根冰柱上，冰柱晶莹剔透；远方的地平线淡然而宁静。这可堪比一个业余画家的大作哩。西姆斯告诉我说：“这个方程的进化从头到尾仅用了几分钟时间——如果是人类有意为之的话，可比这个费功夫多了。”

但是西姆斯却无从解释方程背后的逻辑以及它为何会绘出一幅冰的图画。在这个方程面前，西姆斯和我们一样茫然无知。方程所隐藏的 logic 已经无法用简单明了的数学来破解。

## 17.3 无心插柳柳成荫

真正开始将逻辑程序的进化从理论付诸实践的是约翰·柯扎。他是斯坦福大学计算机科学系的教授，约翰·霍兰德的学生。他和霍兰德的另外几个学生一起使20世纪60~70年代一度被冷落的霍兰德遗传算法重放光芒，进入到80年代末并行算法的复兴时期。

与“艺术家”西姆斯不同，柯扎并不满足于单纯地探索可能之方程的空间，他想进化出能够解决特定问题的最佳方程。举个牵强一点的例子，假设在所有可能的图像中有一幅图会吸引奶牛凝视它，并由此提高产奶量。柯扎的方法就可以进化出能绘制这一特定图像的方程。在这个例子中，柯扎会对那些所绘图像哪怕只是轻微增加产奶量的方程给予赏奖，直至牛奶产量无法再得到提高。当然，柯扎所选的问题要比这实际得多，譬如，找出一个能操纵机器人移动的方程。

但从某种意义上来说，他的搜索方式与西姆斯以及其他研究者的相似。他也在由可能存在的计算机程序组成的博尔赫斯图书馆内搜寻——只不过不是毫无目的地东瞧瞧西看看，而是去寻找解决特定实际问题的最佳方程。柯扎在《遗传编程》（*Genetic Programming*）一书中写道：“这些问题的求解过程可以重新表述为在可能存在的计算机程序中搜索最合适的单个计算机程序。”

柯扎通过繁衍“找到”方程的想法之所以被认为有悖常理，和计算机专家对雷的进化方案嗤之以鼻的理由是一样的。过去，人人都“知道”逻辑程序是脆弱的，不能容忍任何变动。计算机科学理论中，程序只有两种状态：（1）无故障运行；（2）修改后运行失败。第三种状态——随机修改后还能运行——是不可能的。程序轻度出轨被称为程序漏洞，这是人们耗费大量财力试图避免的。专家们过去认为，如果计算机方程渐进式改良（进化）真有可能的话，也肯定只会出现在少数罕见领域或专门类型的程序中。

然而，人工进化的研究成果出乎意料地表明，传统观点大错特错了。西姆斯、雷和柯扎都有绝妙的证据来证明，逻辑程序是可以通过

渐进式改良进化的。

柯扎的方法基于一种直观判断，即如果两个数学方程在解决一个问题时多少有些效果，那么它们的某些部分就是有价值的。如果这两者有价值的部分能被重新整合成一个新程序，其结果可能比两个母程序中的任何一个都更有效。柯扎数千次地随机重组两个母程序的各个部分，希望从概率上讲，这些组合中能包含一个程序，对母程序中有价值的部分做了最优安排，因而能更好地解决问题。

柯扎的方法和西姆斯的有很多相似之处。柯扎的“数据培养液”也含有大约一打用LISP语言表达的数学基元，诸如加、乘、余弦。这些基元随机串在一起形成一棵棵逻辑“树”——一种形似计算机流程图的层次结构。柯扎的系统像繁殖人口一样创建了500到10000个不同的独立逻辑树。“数据培养液”通常在繁衍了大约50代之后收敛到某个合适的后代身上。

树与树之间交换分枝迫使它们产生变种。有时嫁接的是一根长树枝，有时仅仅是一根细枝或枝头的“叶子”。每根树枝都可以被看作是由更小的分枝构成的完整无缺的逻辑子程序。通过分枝交换，一小段方程（一根树枝），或一个有用的小程序，可以得到保存甚至传播。

通过方程进化能解决形形色色的古怪问题。柯扎用它来解决的一个经典难题是如何让一根扫把立在滑板上。滑板必须在马达的推动下来回移动，使倒立的扫帚在板中央保持直立。马达控制的计算量惊人，但在控制电路上与操纵机器人手臂的电路并无多大区别。柯扎发现，他可以进化出一个程序来实现这种控制。

被他用来测试方程进化的问题还有：走出迷宫的策略；二次方程的求解方法；优化连接众多城市最短路径的方法（又称为旅行商问题）；在tictac-toe [3] 一类简单游戏中胜出的策略。在每个例子中，柯扎的系统每次都会去寻找解决问题的一般公式，而不是寻找每一个测

试实例的具体答案。一个公式经受不同实例的测试越多，这个公式就会进化得越完善。

尽管方程进化能得出有效的解决方案，可这些方案却往往要多难看有多难看。当柯扎拿起他那些高度进化的宝贝开始查看细节时，他和西姆斯以及雷一样感到震惊：解决方案简直是一团乱麻！进化要么绕上一个大弯，要么钻个曲里拐弯的逻辑漏洞抄近道。它塞满冗余，毫不雅致。出了错时，宁愿添加一节纠错程序，或者让主流程改道绕过出错的区域，也不愿销去错误的部分。最后的公式颇有几分神奇的鲁宾·戈德堡 [4] 连动装置的样子，依靠某些巧合才能运作。当然，它实际上就是架戈德堡神奇连动机。

拿柯扎曾经给他的进化机器玩过的问题为例。那是一个由两条互相缠绕的螺旋线构成的图形，大致类似于纸风车上的双重螺旋线。柯扎要求进化方程机器进化出一个最佳方程式，来判定约200个数据点各在互绕双螺旋的哪一条线上。

柯扎将10000个随机产生的计算机公式加载到他的数据培养液里。他放任它们进化，而他的机器则挑选出最有可能获得正确公式的方程。柯扎睡觉的时候，程序树交换分枝，偶尔产生一个运行更好的程序。在他度假期间，机器照常运行。待他度假归来，系统已经进化出能完美划分双螺旋线的答案了。

这就是软件编程的未来！定义一个问题，机器就能在程序员打高尔夫球的时候找到解决方案。但是，柯扎的机器找到的解决方案让我们得以一睹进化的手艺。这是它得出的公式：

$$\begin{aligned} & (\text{SIN} (\text{IFLTE} (\text{IFLTE} (+ Y Y) (+ X Y) (- X Y) (+ Y Y)) (* X X) (\text{SIN} \\ & (\text{IFLTE} (\% Y Y) (\% (\text{SIN} (\text{SIN} (\% Y 0.30400002))) X) (\% Y 0.30400002) \\ & (\text{IFLTE} (\text{IFLTE} (\% (\text{SIN} (\% (\% Y (+ X Y)) 0.30400002)) (+ X Y)) (\% X \\ & 0.10399997) (- X Y) (* (+ -0.12499994 -0.15999997) (- X Y))) 0.30400002 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& (\text{SIN} (\text{SIN} (\text{IFLTE} (\% (\text{SIN} (\% (\% \text{Y} 0.30400002) 0.30400002)) (+ \text{X} \text{Y})) \\
& (\% (\text{SIN} \text{Y}) \text{Y}) (\text{SIN} (\text{SIN} (\text{SIN} (\% (\text{SIN} \text{X}) (+ -0.12499994 \\
& -0.15999997)))))) (\% (+ (+ \text{X} \text{Y}) (+ \text{Y} \text{Y})) 0.30400002)))) (+ (+ \text{X} \text{Y}) (+ \text{Y} \\
& \text{Y})))) (\text{SIN} (\text{IFLTE} (\text{IFLTE} \text{Y} (+ \text{X} \text{Y}) (- \text{X} \text{Y}) (+ \text{Y} \text{Y})) (* \text{X} \text{X}) (\text{SIN} \\
& (\text{IFLTE} (\% \text{Y} \text{Y}) (\% (\text{SIN} (\text{SIN} (\% \text{Y} 0.30400002))) \text{X}) (\% \text{Y} 0.30400002) \\
& (\text{SIN} (\text{SIN} (\text{IFLTE} (\text{IFLTE} (\text{SIN} (\% (\text{SIN} \text{X}) (+ -0.12499994 -0.15999997))) \\
& (\% \text{X} -0.10399997) (- \text{X} \text{Y}) (+ \text{X} \text{Y})) (\text{SIN} (\% (\text{SIN} \text{X}) (+ -0.12499994 \\
& -0.15999997))) (\text{SIN} (\text{SIN} (\% (\text{SIN} \text{X}) (+ -0.12499994 -0.15999997)))) (+ \\
& (+ \text{X} \text{Y}) (+ \text{Y} \text{Y})))))) (\% \text{Y} 0.30400002)))).
\end{aligned}$$

这公式不但样子难看，而且还令人费解。即使对一个数学家或一个计算机程序员来说，这个进化出来的公式也是一团乱麻。汤姆·雷说，进化写的代码只有喝醉酒的人类程序设计员才写得出来。依我看，说进化生成的是只有外星人才写得出来的代码恐怕才更确切些。这绝非人类所为。对这个方程追本溯源，柯扎终于找到了这个程序处理问题的方式。完全是凭着百折不挠和不择手段，它才打通了一条艰难曲折又令人费解的解决之道。但这确实管用。

进化得出的答案看起来很奇怪，因为几乎任何一个高中生都能在一行内写出一条非常简洁优雅的方程式来描述这两条螺旋线。

在柯扎的世界里没有要求方案简洁的进化压力。他的实验不可能找到那种精炼的方程式，因为它并不是为此构建的。柯扎试着在运行过程中添加点简约性因素，却发现在运行开始就加入简约性因素会降低解决方案的效率。得到的方案虽然简单却只有中下水平。他有证据表明，在进化过程末期加入简约性因素——也就是说，先让系统找到一个管用的解决方案，再开始对其进行简化，这是进化出简洁方程更好的方法。

但柯扎坚信简约的重要性被过分高估了。他说，简约不过是“人类的审美标准”。大自然本身并不特别简约。举个例子：时为斯坦福大学



科学家的戴维·斯托克分析了小龙虾尾部肌肉中的神经回路。当小龙虾想逃走的时候，其神经网络会引发一个奇怪的后空翻动作。对人类来说，那种回路看起来如巴洛克建筑那般繁复，取消几个多余的循环指令马上就可以使它简化一些。但那堆乱七八糟的东西却很管用。大自然并不会只为了优雅而简化。

## 17.4 打破规则求生存

柯扎指出，人类之所以追求类似牛顿的 $F=ma$ 那样简单的公式 [5]，是因为我们深信：宇宙是建立在简约秩序的基础之上。更重要的是，简约对人类来说是很方便的。 $F=ma$ 这个公式比柯扎确定螺旋线的怪物使用起来容易得多，这使我们更加体会到公式中所蕴涵的美感。在计算机和计算器问世前，简单的方程更加实用，因为用它计算不易出错。复杂的公式既累人又不可靠。不过，在一定范畴内，无论是大自然还是并行计算机，都不会为繁复的逻辑发愁。那些我们觉得既难看又让人头晕的额外步骤，它们能以令人乏味的精确度运行无误。

尽管大脑像并行机器一般运作，人类意识却无法并行思考。这一讽刺性的事实让认知科学家们百思不得其解。人类的智慧有一个近乎神秘的盲点。我们不能凭直觉理解概率、横向因果关系及同步逻辑方面的各种概念。它们完全不符合我们的思维方式。我们的思维退而求其次地选择了串行叙述——线性描述。那正是最早的计算机使用冯·诺依曼串行设计方案的原因：因为人类就是这样进行思考的。

而这也正是为什么并行计算机必须被进化而不是被设计出来：因为在需要并行思考的时候我们都成了傻子。计算机和进化并行地思考；意识则串行思考。在《代达罗斯》 [6] 1992年冬季刊上一篇极具争议的文章里，思维机器公司的市场总监詹姆斯·贝利描述了并行计算

机对人类思维的飞反效应 [7]。文章题为《我们先改造电脑，然后电脑改造我们》，贝利在文中指出，并行计算机正在开启知识的新领域。计算机的新型逻辑反过来迫使我们提出新的问题和视角。贝利暗示道：“也许，世上还有一些截然不同的计算方式，一些只有用并行思考才能理解的方式。”像进化那样思考也许会开启宇宙中新的大门。

约翰·柯扎认为，进化处理定义不严格的并行问题的能力是它的另一个独特优势。教计算机学会解决问题的困难在于，时至今日，为了解决我们遇到的每一个新问题，我们最终还是要逐字逐句地为它重新编程。如何才能让计算机自行完成任务，而不必一步步告诉它该做什么和怎么做？

柯扎的答案是：进化。现实世界中，一个问题可能有一个或多个答案，而答案的范围、性质或值域可能完全模糊不清。进化就可以让计算机软件解决这种问题。譬如：香蕉挂在树上，请给出摘取程序。至今大多数计算机学习都不能解决这样的问题。除非我们明确地向程序提供一些明确的参数作为线索，诸如：附近有多少梯子？有没有长竿？

而一旦定义了答案的界限，也就等于回答了问题的一半。如果我们不告诉它附近有什么样的石头，我们知道是不会得到“向它扔石头”的答案的。而在进化中，则完全有这个可能。更可能出现的情况是，进化会给出完全意想不到的答案，譬如：使用高跷；学习跳高；请小鸟来帮忙；等暴风雨过后；生小孩然后让他们站在你的头上。进化并不一定要昆虫飞行或游泳，只要求它们能够快速移动来逃避捕食者或捕获猎物。开放的问题得出了诸如水蝇用脚尖在水上行走或蚱蜢猛然跳起这样各不相同却明确的答案。

每一个涉足人工进化的人都为进化能轻而易举地得出异想天开的结果而大为吃惊。汤姆·雷说：“进化可不管有没有意义；它关心的是

管不管用。”

生命的天性就是以钻常规的漏洞为乐。它会打破它自己所有的规则。看看这些生物学上令人瞠目结舌的奇事吧：由寄居在体内的雄鱼来进行授精的雌鱼，越长越萎缩的生命体，永远不会死的植物。生命是一家奇物店，货架上永远不会缺货。自然界层出不穷的怪事几乎跟所有生命的数量一样多；每一种生物在某种意义上都在通过重新诠释规则来为自己找活路。

人类的发明物就没有那么丰富了。大部分机器被造来完成某个明确的任务。它们遵照我们旧式的定义，服从我们的规则。然而，如果让我们构想一架理想的、梦寐以求的机器的话，它应该可以改变自身来适应环境，更理想的是，它还能自我进化。

适应是对自身结构的扭曲，以使之能够钻过一个新漏洞。而进化是更深层的改变，它改变的是构建结构本身的架构——也即如何产生变化的方式，这个过程常常为其他人提供了新的漏洞。如果我们预先确定了一台机器的组织结构，也就预先确定了它能解决怎样的问题。理想的机器应该是一台通用问题解决机，一台只有想不到没有做不到的机器。这就意味着它必须拥有一种开放性的结构。柯扎写道：“（解决方案的）规模、形式以及结构复杂度都应是答案的一部分，而不是问题的一部分。”当我们认识到，是一个系统自身的结构决定了它所能得出的答案，那么我们最终想要的是如何制造出没有预先定义结构的机器。我们想要的是一种不断自我更新的机器。

那些致力于推动人工智能研究的人无疑会对此大唱赞歌。在没有任何提示和限定答案方向的前提下，能想出一个解决方案——人们称之为横向思维，几乎就等同于人类的智能了。

我们所知唯一一台能重塑自己内部连接的机器就是我们称为大脑的灰色活体组织（大脑灰质）。我们目前唯一可以设想付诸生产的重

塑自身结构的机器，可能是一种能够自我改编的软件程序。西姆斯和柯扎的进化方程是通向自我改编程序的第一步。一个可以繁衍其他方程的方程正是这种生命种类的基土。繁衍其他方程的方程就是开放性宇宙。在那里任何方程都能产生，包括自我复制的方程和衔尾蛇式的无限循环公式。这种循作用于自身并重写自身规律的递归程序，蕴涵着世上最宏伟的力量：创造恒新。

“恒新”是约翰·霍兰德使用的词组。多年来，他一直在潜心研究人工进化方法。用他的话说，他真正在从事的，是一种恒新的新数学。那是能够创造永无止尽的新事物的工具。

卡尔·西姆斯告诉我：“进化是一个非常实用的工具。它是一种探索你不曾想过的新事物的方式。它是一种去芜存精的方式。它也是一种无需理解便能探索程序的方式。如果计算机运转速度够快，这些事它都能做到。”

探索超越我们理解力外的领域并提炼我们所收获的，这是定向式、监督式和最优化的进化带给我们的礼物。汤姆·雷说：“但是，进化不仅是优化。我们知道进化能超越优化并创造新事物来加以优化。”当一个系统可以创造新事物来加以优化时，我们就有了一个恒新的工具和开放的进化。

西姆斯的图像遴选和柯扎那通过逻辑繁衍进行的程序遴选都是生物学家称为育种或人工选择的例子。“合格”的标准——被选择的标准，是由培育员决定的，因而也是人工产物或人为的。为了达到恒新——找到我们不曾预料的东西，我们必须让系统自己为它的选择划定标准。这就是达尔文所说“自然选择”的含义所在。选择标准由系统的特性所确定；它自然而然地出现。开放的人工进化也需要自然选择，如果你愿意，也可以叫它人工自然选择。选择的特征应该从人工世界内部自然地产生。

汤姆·雷已经通过让他的世界自主选择适者的方式加载了人工自然选择工具。因此，他的世界从理论上说就具有了进化全新事物的能力。但是雷确实“做了点小手脚”以使系统进入运作。他等不及他的世界靠自己的力量进化出自我复制能力了。因此一开始他就引进了一个自我复制机制，一经引入，复制再也不会终止。用雷的比喻来说，他将生命在单细胞有机体状态下强力启动，然后观看了一场新生物体的“寒武纪大爆发”。但是他并不歉疚。“我只是尝试获得进化，并不真的在意获取它的方式。如果我需要将我的世界的物理和化学成分拉升到能支承花样繁多无限制进化的水平，我乐于这么做。我不得不操纵它们来达到这个水平，对此我并不感到内疚。如果我可以操控一个世界达到寒武纪大爆发的临界点，然后让它自己沸腾溢出边界，那才真是永生难忘呢。和系统所产生的结果相比，我不得不操控它达到临界点是一件不值一提的事。”

雷认为，启动开放的人工进化本身已经极具挑战性了，他不一定非得使系统自己进化到那种程度。他会控制他的系统直到它能靠自己的力量进化。正如卡尔·西姆斯所说，进化是一种工具。它可以与控制相结合。雷在控制数月之后转入了人工自然选择。与之相反的过程同样可行——也许有人会在进化数月之后再施以控制，以得到想要的结果。

## 17.5 掌握进化工具

进化作为一种工具，特别适用于以下三件事：

◎如何到达你想去而又找不到路的领域；

◎如何到达你无法想象的领域；

## ◎如何开辟全新领域；

第三种用途就是通向开放世界的门户。它是非监督式、非定向式的进化过程。它是霍兰德设想的不断扩张的恒新机器，是一个可以自己建设自己的事物。

像雷、西姆斯和道金斯这些伪上帝们在实验伊始都以为自己划定了系统空间，当他们看见进化如何扩大这一空间时，都大感惊诧。“那比我想象的要大得多”是他们常说的话。当我在卡尔·西姆斯进化展的图片之间穿行的时候，也有类似的无法抗拒的感觉。我找到的（或系统为我找到的）每一张新图片都色彩斑斓且意想不到的复杂，与我从前曾经见过的任何东西都大不相同。每个新图像似乎都扩大了可能存在的图片的空间。我意识到我从前对图片的概念是由人类，或者说由生物本性，来定义的。但在西姆斯的世界里，有相当多数量的激动人心的景致有待展现。它们既非人造也非生物制造，却同样丰富多彩。

进化在拓展着我对可能性的认识。生命的机制与此非常相似。DNA的字节都是功能单位，是拓展可能性空间的逻辑进化者。DNA与西姆斯和柯扎的逻辑单位的运行方式是等同的。（也许我们该说他们的逻辑单位与DNA相等同？）屈指可数的几个逻辑单位就可以通过混合和配对形成天文数字般的蛋白质编码。细胞组织、疾病、药品、味道、遗传信息以及生命的基础结构等所需的蛋白质，均来自与这张小小的功能字母表。

生物进化是一种开放的进化，它以旧的DNA单元繁育新的DNA单元，它是一个不断扩张、永无止境的库。

分子育种学家杰拉德·乔伊斯很高兴他所从事的分子进化工作“既是为了兴趣，也能有利可图”。但他的真正梦想是孵化出另一种开放进化机制。他告诉我：“我想试试看，能否在我们的控制之下启动自组织过程。”乔伊斯和同事们正在做一个试验，让一种简单的核酶 [\[8\]](#) 进化

出复制自己的能力——那正是汤姆·雷跳过的一个至关紧要的步骤。“我们的明确目标是启动一个进化系统。我们要让分子自己学会如何复制自身。之后，自发进化就将取代定向进化。”

目前，自发且能自我维持的进化对生物化学家们来说还只是一个梦想。至今还没有人能够驱使一个系统迈出“进化的一步”——发展出之前未曾有过的化学进程。到目前为止，生物化学家只能针对那些他们已经知道该如何解决的问题来进化出新的分子。“真正的进化是要闯出一片未知的新天地，而不是仅仅是在感兴趣的变异中打转转。”乔伊斯如是说。

一个有效的、自发的、进化的分子系统将会是一个超级强大的工具。它将是一个可以创造出任何生物的开放系统。“它将是生物学的巨大成就。”乔伊斯宣称。他相信，其冲击力相当于“在宇宙中找到了另一种乐于与我们分享这个世界的生命形式”。

但是，乔伊斯是一个科学家，他不会被热情冲昏了头：“我们并非要制造生命，然后让它发展自身的文明。那无异于痴人说梦。我们只是要制造一种与现有的化学存在略有不同的人工生命形式。这可不是什么天方夜谭，而是可以触摸得到的。”

## 17.6 从滑翔意外到生命游戏

但是，克里斯·朗顿并不觉得能创造自己文明的人工生命是一个天方夜谭。作为开创了人工生命中一个时髦领域的特立独行之人，朗顿承受了许多压力。他的故事很值得向大家陈述一下，因为他自身的经历再现了人造的、开放的进化体系的觉醒。



几年前，我和朗顿参加了在图森召开的为期一周的科学会议，为了清醒一下头脑，我们逃了一下午的会。我应邀去参观尚未完成的生物圈二号项目，路程大约要一个小时。当我们在南亚利桑那州盆地那蜿蜒的黑色缎带般的沥青路上平稳行使时，朗顿向我讲述了他的生命故事。

当时，朗顿以计算机科学家的身份在洛斯阿拉莫斯国家实验室 [9] 工作。整个小镇和洛斯阿拉莫斯实验室最初都是为研制终极武器而建的。因此，朗顿在故事一开始说他是越南战争时期拒服兵役的人，我感到很吃惊。

作为拒服兵役的人，朗顿得到一个替代兵役的机会——在波士顿的马萨诸塞州综合医院做护理工。他被分配去做一件没人乐意做的苦差事：把尸体从医院地下室搬运到太平间地下室。上班第一个星期，朗顿和他的搭档把一具尸体放到一架轮床上，推着它穿过连接两幢楼的阴冷潮湿的地下走廊。他们必须在地道中唯一的灯光下推着轮床通过一段狭窄的水泥桥。当轮床撞到隆起物时，尸体打了个嗝，坐了起来，并开始从轮床上滑下来！朗顿下意识地转身想抓住他的搭档，却只看见远处的门在他夺路而逃的同事身后来回晃动。死了的东西可以表现得像活的一样！生命就是一种行为，这是朗顿最初的体会。

朗顿对老板说他无法再做那种工作了，能不能做点别的？“你会编写计算机程序吗？”老板问他。“当然会。”

于是，他得到了一份为早期计算机编写程序的工作。有时，他会在晚上让一个无聊的游戏在闲着的计算机上运行。这个游戏被称为“生命”，由约翰·康威设计，然后再由名为比尔·高斯帕的早期黑客改写成主机程序。该游戏是一组能产生多种多样形式的非常简单的代码，其模式令人想到生物细胞在琼脂盘上的成长、复制和繁衍。朗顿回忆起那一天，他独自工作到深夜，突然感到屋里有人，有某种活着的东西

在盯着他看。他抬起**起**头，在“生命”的屏幕上，他看到令人惊异的自我复制的细胞模式。几分钟之后，他再次感到那种存在。他再次抬起**起**头来，却看到那个模式已经死去。他突然意识到那个模式曾经活过——活着，而且像琼脂盘上的细胞一样真切地活过——不过是在计算机屏幕上。也许计算机程序能够获得生命——朗顿心里萌生了这个大胆的想法。

他开始摆弄这个游戏，研究它，思考着是否能够设计一种开放的、类似“生命”那样的游戏，以使事物能够开始自行进化。他苦练编程技术。期间，朗顿接到一个任务：将一个程序从一台过时的大型计算机中移植到一台构造完全不同的新计算机中去。完成此任务的窍门是抽象出旧计算机上的硬件运行方式，在新计算机上以软件的方式模拟出来，即提取硬件的行为，再将之转换成无形的符号。这样，旧的程序就可以在新计算机上由软件仿真出来的一个虚拟旧计算机系统中运行。朗顿说：“这是将过程从一个媒介转到另一个媒介上的直接体验。硬件是什么并不重要，因为你可以**在**任何硬件中运行程序。重要的是要抓住过程的本质。”这让他开始遐想，生命是否也能从碳结构中提取出来，转化成硅结构。

替代兵役工作结束之后，朗顿在滑翔运动上消磨了一个夏天。他和一位朋友得到一份日薪25美元的工作——在北卡罗来纳州老爷山上空滑翔，以招徕游客。他们每次都要在风速为每小时40英里的高空中逗留数小时。一天，一阵狂风袭击了朗顿，导致他从空中坠落。他以胎儿的姿势摔在地上，折断了35根骨头，其中包括头部除颅骨以外的所有骨头。尽管他的膝盖撞碎了脸，但他还活着。接下来他卧床6个月，处于半昏迷状态。

在严重脑震荡恢复过程中，朗顿感觉他正看着自己的大脑在“重启”，仿佛计算机重启时必须重新载入操作系统一样。他大脑深层的功能一个接一个地重现。朗顿记得那灵光一现的刹那，他的本体感受

——那种在一具躯体之中的感知——复原了。他为一种“强烈的发自内心的直觉”所震撼，感知的本我融入肉体，好像他这架机器完成了重启，正等待着被投入使用。“关于心智形成是什么感觉，我有亲身的体验，”他告诉我。正如他曾经在计算机上看到生命一样，现在，他对他自己那处于机器中的生命有了发自内心的认识。生命是否可以独立于母体而存在？他体内的生命和计算机中的生命难道不能是一样的吗？

他想，要是能在计算机中通过进化使某种东西成活，那岂不是很棒！他觉得应该从人类文化入手。对人类文化进行模拟似乎比模拟细胞和DNA容易得多。作为亚利桑那州立大学的大四学生，朗顿写了一篇题为《文化的进化》（*e Evolution of Culturee*）的论文。他希望他的人类学、物理学和计算机科学教授们能认同他制造一台可运行人工进化程序的计算机的想法，并以此获得学位，但是教授们不鼓励他这么做。他自己掏钱买来了一台苹果II型电脑，并编写了他的第一个人工世界。他没能实现自我复制或自然选择，但是他找到了元胞自动机[\[10\]](#)的大量文献——文献表明，“生命游戏”仅仅是元胞自动机模型的一个例子。

这时，他偶然读到约翰·冯·诺依曼在20世纪40年代对人工自我复制的论证。冯·诺依曼提出了一个会自我复制的里程碑式公式。不过实现这个公式的程序冗长而令人费解。在接下来的几个月里，朗顿每夜都在他的苹果II型电脑上编写代码（这是冯·诺依曼不具备的有利条件；他是用铅笔在纸上完成他的编码的）。终于，靠着他那要在硅片中创造生命的梦想的引导，朗顿设计出了当时人们所知的最小的自我复制器。在计算机屏幕上，这个自我复制器看上去就像一个蓝色的小Q。在这个仅有94个字符的循环中，朗顿不仅塞进了完整的循环语句，还有如何进行复制的指令以及甩出复制好的另一个自我的方法。他太兴奋了。如果他能设计出如此简单的复制器，那么他还能模仿出多少生命的关键过程呢？再者，生命还有哪些过程是不可或缺的呢？

对现有文献资料的仔细搜索显示，关于这个简单问题的著述非常有限，而那有限的论述，又分散在数百篇论文中。洛斯阿拉莫斯实验室的新研究职位给朗顿壮了胆。1987年，他以破釜沉舟的决心召集了“活系统合成与模拟跨学科研讨会”[\[11\]](#)上——这是首届讨论（如今朗顿称为）人工生命问题的会议。为了寻找能显现出活系统行为的任何一种系统，朗顿举办了面向化学家、生物学家、计算机科学家、数学家、材料科学家、哲学家、机器人专家和电脑动画师的专题研讨会。我是与会为数不多的记者之一。

## 17.7 生命的动词

在专题研讨会上，朗顿开始探求生命的定义。现有的生命定义似乎不够充分。首届研讨会结束后多年里，更多的学者对此进行了研究。在此基础上，物理学家多恩·法默提出了界定生命的一个特征列表。他说，生命具有：

- ◎时间和空间上的模式
- ◎自我复制的能力
- ◎自我表征（基因）的信息库
- ◎使特征持久的新陈代谢功能
- ◎功能交互——它并非无所事事
- ◎彼此相互依赖，或能够死亡
- ◎在扰动中保持稳定的能力

## ◎进化的能力

这个清单引起了争议。因为，尽管我们不认为计算机病毒是活的，它却符合上述大多数条件。它们是一种能够复制的模式；它们包含一份自我表征的副本；它们截获计算机新陈代谢（CPU）的周期；它们能死亡；而且它们也能进化。我们可以说计算机病毒是首例涌现出来的人工生命。

另一方面，有些东西毫无疑问是生物，但是却并不符合此清单的所有条件。骡子不能自我复制，疱疹病毒也没有新陈代谢。朗顿在创造能自我复制的个体上的成功也令他怀疑，人们是否能达成对生命定义的共识：“每当我们成功地使人工生命达到生命所定义的标准时，生命的定义都会被扩充或被改变。譬如，杰拉尔德·乔伊斯认为生命是能够经历达尔文式进化的自立化学系统，我相信，到2000年时，世界上某个实验室就会造出一个符合这个定义的系统。然后，生物学家就会忙着重新定义生命。”

朗顿对人工生命的定义则要更容易为人们所接受。他说，人工生命是“从不同的材料形式中提取生命逻辑的尝试”。他的论点是，生命是一个过程，是不受特殊材料表现形式限制的行为。对生命而言，重要的不是它的组成材料，而是它做了什么。生命是个动词，不是名词。法默对生命标准列出的清单描述的是行动和行为。计算机科学家们不难把这个生命特征的清单想象为变化多样的过程。朗顿的同事斯蒂恩·拉斯穆森也对人工生命感兴趣，他曾经把铅笔扔在办公桌上叹息道：“在西方，我们认为铅笔要比铅笔的运动更真实。”

如果铅笔的运动是其本质，是真实的那部分，那么，“人工”就是一个误导词。在**第一届人工生命会议**上，当克雷格·雷诺兹展示出他是如何能够利用三个简单的规则就使无数的电脑动画鸟在计算机中自发地成群结队地飞行时，所有的人都能看到一个真实的群飞画面。这是人工鸟真正在群飞。朗顿总结这个经验说：“关于人工生命，要记住的

最重要部分是，所谓人工，不是指生命，而是指材料。真实的事物出现了。我们观察真实的现象。这是人工媒介中的真实生命。”

生物学这门对生命普遍原理进行研究的学科正经历着剧变。朗顿说，生物学面临着“无法从单一实例中推论出普遍原理的根本障碍”。地球上的生命只有单一的集体实例，而它们又有着共同的**起源**，因此，想把它们的本质及普适特征与次要特征区分开来是徒劳无功的。比如，我们对生命的看法在多大程度上是取决于生命由碳链结构组成的事实？如果连一个建立在非碳链结构上的生命实例都没有，我们又怎能弄清这个问题？为了推导出生命的普遍原理和理论，即识别任何活系统和任何生命所共享的特征，朗顿主张“我们需要一整套实例来得出结论。既然在可见将来，外来生命形式都不太可能自己送上门来供我们研究，那么唯一的选择就是靠自己的努力制造出另一种生命形式”。这是朗顿的使命——制造出另一种甚至是几种不同形式的生命，以此作为真正的生物学的依据，推导出生命本原的可靠逻辑。由于这些另类生命是人工制品而非自然产物，我们称其为人工生命；不过，它们和我们一样真实。

这种雄心勃勃的挑战在一开始就将人工生命从生物学中分离出来。生物学设法通过剖析生物，将其分解为部分来了解生物体。而人工生命没什么可解剖。因此，它只能通过将生物聚合在一起、把部分组装成整体的方式取得进展，它是在合成生命，而不是分解生命。因此，朗顿解释说：“人工生命相当于是合成生物学的实践。”

## 17.8 在超生命的国度中安家落户

人工生命承认存在新的生命形式以及对生命的新定义。所谓“新”生命，其实也是旧瓶装新酒，是用旧的力量以新的方式来组织物质和能量。我们的祖先在看待什么是“活”的问题上很宽松。而在科

学时代，我们对“活”的概念进行了细分。我们称动物和绿色植物是活的，但当我们把一个邮局那样的机构称为“有机体”时，我们的意思是说它与生物有类似之处，“仿佛是活的”。

我们（此处我首先是指科学家）开始认识到那些一度被比喻为活着的系统确实活着，不过，它们所拥有的是一种范围更大、定义更广的生命。我将之称为“超生命”。超生命是一种特殊形式的活系统，它完整、强健、富有凝聚力，是一种强有力的活系统。一片热带雨林和一枝长春花，一个电子网络和一个自动驾驶装置，模拟城市游戏和纽约城，都是某种意义上的超生命。“超生命”是我为包括艾滋病毒和米开朗基罗计算机病毒在内的生命类型而造的词汇。

生物学定义的生命不过是超生命中的一个物种罢了。电话网络则是另一个物种。牛蛙虽小，却充满了超生命。亚利桑那州的生物圈二号项目则到处都聚集着超生命，“地球”和终结者2号也一样。将来某一天，超生命将会在汽车、建筑物、电视和试管中发展壮大。

这并不是说有机生命和机器生命是完全相同的；他们不相同。水黽将永远保留某些碳基生命独一无二的特点。不过，有机的和人工的生命共享一套我们刚刚开始学会辨别的特性。当然，世上很可能还会出现其他我们暂时还无法描述的超生命形式。人们可以想象生命的各种可能性——由生物和人造合成物杂交而出的怪种，旧科幻小说中出现的半动物/半机器的电子生化人——也许会自然演化出在父母双方身上都找不到的超生命特性。

人类为创造生命而做的每一次尝试都是在探索可能存在的超生命空间。这个空间包含所有能够再造地球生命起源的要素。但我们所要面临的挑战远不止于此。创造人工生命的目的不仅仅是描述“如我们所知的生命”空间。激励朗顿进行探索的，是描绘出所有可能存在的生命空间的渴望，是把我们带入非常非常广阔的“如其可能存在的生命”领域的使命。超生命这座图书馆包含了所有的活物、所有的活系统、所



有的生命薄片、所有抵制热力学**第二**定律的东西、过去和未来中能够无限进化的种种物质组合，以及某种我们还说不清楚的非凡之物。

探索这个未知领域的唯一方法是建立众多实例，然后看看它们是否适合于这个空间。朗顿在为**第二**届人工生命会议论文集所写的介绍中提出：“假设生物学家能够‘倒回进化的磁带’，然后在不同的初始条件下，或在不同的外部扰动下一遍遍重放，他们就有可能拥有完整的进化路径来得出结论。”不断地从零开始，稍微改变一下规则，然后建立**起**一个人工生命的实例。如此反复无数次。每个合成生命的实例都被添加到地球上有机生命的实例中，以形成一个完满的超生命体。

由于生命是一种形式，而非物质，我们能植入“活”行为的材料越多，能够积累的“如其可能存在的生命”的实例就越多。因此，在所有通往复杂性的途径中，人工生命的领域是广阔而多样的。典型的人工生命研究者聚会往往包括生物化学家、计算机奇才、游戏设计师、动画师、物理学家、数学呆子和机器人爱好者。聚会背后的议题是要突破生命的定义。

一天晚上，在首届人工生命大会的一次午夜演讲之后，我们中一些人正眺望着沙漠夜空中的繁星，数学家鲁迪·鲁克尔讲出了一番研究人工生命的动机——这是我听到过的最高远的动机：“目前，普通的计算机程序可能有一千行长，能运行几分钟。而制造人工生命的目的是要找到一种计算机代码，它只有几行长，却能运行一千年。”

这番话似乎是对的。我们在制造机器人时也怀着同样的想法：用几年的时间设计，之后能让它们运行几个世纪，甚至还能制造出它们的替代品。正如橡子一般，几行的编码却能长出一颗**180**年的大树。

与会者认为，对人工生命来说，重要的不仅是要重新界定生物学和生命，而且要重新定义人工和真实的概念。这在根本上扩大着生命和真实的领域。与以往学术界“不能发表就是垃圾”的模式不同，多数

从事人工生命研究的实验者，甚至是数学家们，都支持新的学术信条：“演示或死亡。”要想在人工生命和超生命上取得任何一点进展，唯一的办法就是运行一个有效的实例。前苹果公司雇员肯·卡拉科提西乌斯在解释自己是如何开始从事人工生命的研究时回忆道：“每遇到一种计算机，我都试着在其中编写生命游戏的程序。”最终在苹果机上实现了名为“模拟生命”的人工生命程序。在“模拟生命”中，你能创建一个超生命的世界，并将一些小生物放入其中，使其共同进化成为一个越来越复杂的人工生态系统。现在，肯正试图编写出最大最好的生命游戏，一个终极的“活”程序：“要知道，宇宙是唯一足够大能运行终极生命游戏的地方。然而，将宇宙作为平台的唯一难题是，眼下它正在运行别人的程序。”

目前在苹果公司任职的拉里·雅格曾经给过我一张他的名片。名片上是这样写的：“拉里·雅格，微观宇宙之神。”雅格创造了多边形世界——一个包括了多种多边形有机物的尖端计算机世界。数以百计的多边形物飞来飞去，交配、繁殖、消耗资源、学习（雅格神给予它们的能力）、适应并进化。雅格正在探索可能的生命的空间。会出现什么呢？“一开始，”雅格说，“我的设定是繁殖并不消耗能量。它们可以随心所欲地繁殖后代。但我不断地得到这么一类家伙，游手好闲的食人族：他们喜欢在其父母和子女附近的角落里闲逛，什么也不做，就待在那儿。它们所做的只是相互交配，相互争斗，相互吞食。既然能靠吃孩子过日子还干什么活呢！”这意味着，某种超生命形态出现了。

“研究人工生命的核心动机是为了扩大生物学的领域，使之能囊括比地球上现有生命形式种类更多的物种。”多恩·法默轻描淡写地描述了人工生命之神所拥有的无穷乐趣。

法默对某些事情已经心中有数了。人工生命之所以在人类所做的尝试中是独一无二的，还有另外一个原因。像雅格那样的神灵正在扩展生命的种类，因为“如其可能存在的生命”是一个我们只能通过先创

建实例再进行研究的领域。我们必须制造出超生命，然后才能对其进行探索；要探索超生命，就必须制造出超生命。

当我们忙于创造一个个超生命的新形式时，我们的脑海中悄然出现了一个令人不安的想法。生命在利用我们。有机的碳基生命只不过是超生命进化为物质形式的**第一步**而已。生命征服了碳。而如今，在池塘杂草和翠鸟的伪装下，生命骚动着想侵入水晶、电线、生化凝胶、以及神经和硅的组合物。看看生命向何处发展，我们会同意发育生物学家刘易斯·海尔德说的话：“胚细胞只不过是经过伪装的机器人。”在**第二届人工生命会议**上，汤姆·雷在其为大会论文集所写的报告中写道：“虚拟生命就在那里，等着我们为其建立进化的环境。”在《人工生命》（*Artificial Life: the Coming Evolution*）一文中有这样一段叙述，朗顿告诉史蒂文·列维：“其他形式的生命——人造生命——正试图来到这个世界。它们在利用我来繁衍和实现它们。”

生命，特别是超生命，想要探索所有可能的生物学和所有可能的进化方式。而它利用我们创造它们，因为这是唯一探索它们的途径。而人类的地位——所谓仁者见仁，智者见智——既可能仅仅是超生命匆匆路过的驿站，也可能是通往开放宇宙的必经之门。

“随着人工生命的出现，我们也许是**第一个**创造自己接班人的物种。”多恩·法默在其宣言式的著作《人工生命：即将到来的进化》中写道：“这些接班人会是什么样？如果我们这些创造者的任务失败了，那他们确实会变得冷酷而恶毒。不过，如果我们成功了，那他们就会是在聪明才智上远远超过我们的、令人骄傲的开明生物。”对于我们这些“低等”的生命形式来说，他们的智力是我们所不能企及的。我们一直渴望成为神灵。如果借助我们的努力，超生命能找到某种合适的途径，进化出使我们愉悦或对我们有益的生物，那我们会感到骄傲。但是，如果我们的努力将缔造出超越我们、高高在上的接班人，那我们则会心存恐惧。

克里斯·朗顿办公室的斜对面是洛斯阿拉莫斯原子博物馆——它警示着人类所具有的破坏力。那种力量使朗顿不安。“20世纪中期，人类已经获得了毁灭生命的力量，”他在自己的一篇学术论文中写道，“而到20世纪末期，人类将能够拥有创造生命的力量。压在我们肩头的这两付重担中，很难说哪一付更沉重。”

我们到处为其他生命种类的出现创造空间：少年黑客放出了威力巨大的计算机病毒；日本工业家组装了灵敏的绘画机器人；好莱坞导演创造了虚拟的恐龙；生物化学家把自行进化的分子塞进微小的塑料试管。终有一天，我们会打造出一个能够持续运行并能够创造恒新的开放世界。我们也将藉此在生命的空间中另辟蹊径。

丹尼·希利斯说他想制造一台以他为荣的计算机，这可不是玩笑话。还有什么能比赋予生命更具人性？我想我知道答案：赋予生命和自由。赋予开放的生命；对它说，这是你的生命，这是汽车钥匙；然后，让它做我们正在做的事情——在前进的路上，一切由它自主。汤姆·雷曾经对我说：“我不要把生命下载到计算机中。我要将计算机上传到生命中。”

---

[1] LISP语言：LISP是List Processing的缩写，即表处理语言，诞生于20世纪60年代左右。表（list）是LISP语言中求值和运算的基本单位。由于LISP语言建立在递归逻辑的基础上，形式化程度很高，适合于符号运算和问题求解，至今仍是人工智能最常用的语言之一。

[2] 汤（Soup）：在英语中有alphabet soup的用法，用于指一种用字母状面团作汤料的汤。可查的说法有二：一是说此汤是父母为鼓励儿童学字而做，喝汤的儿童可以把汤内的字母随意组合，从而能学到词汇；二是指在网上遇到的需要处理的一大堆杂乱字母戏称为“字母汤”。此外，在生命起源的问题上经常将产生生命的初始状态（科学家推测，生命起源于呈混合溶液状态的物质“汤”）称为汤。

[3] tic-tac-toe：一个很有名的益智游戏。弈者在井字形的9个方格上轮流落子，三点连成一条直线（横、竖、斜均可）的一方获胜。只要弈法得当，双方一定会以和局结束。

[4] 鲁宾·戈德堡（Rube Goldberg）：美国漫画家，画了许多用极其复杂的方法完成简单小事的漫画。比如把鸡蛋放进小碟子这种事，在戈德堡笔下可能是这样的：一个人从厨房桌子上拿起晨报，于是牵动了一条打开鸟笼的线，鸟被放出来，顺着鸟食走向一个平台。鸟从

平台摔到一灌水上，水灌翻倒，拉动扳机，使手枪开火。猴子被枪声吓得把头撞在系有剃刀的杯子上，剃刀切入鸡蛋，打开鸡壳，使鸡蛋落入小碟子中。

[5]  $F=ma$ : 这个公式描述的是牛顿力学第二定律，即加速度定律， $F$ 为外力， $m$ 为质量， $a$ 为加速度。

[6] 代达罗斯 (Daedalus): 希腊神话中技艺高超的匠人，他发明了刨子、吊线与胶水。

[7] 飞反效应 (boomerang effect): 指产生与原目标相反的效果，在经济、广告等行业有许多例子。

[8] 核酶 (ribozyme): 是一种化学本质上为核糖核酸 (RNA) 却具有酶的催化功能的物质。核酶的发现，打破了酶都是蛋白质这一传统认识，并使得分子层面的进化成为可能。发现核酶的两位美国科学家因此而获得1989年的诺贝尔化学奖。

[9] 洛斯阿拉莫斯国家实验室 (Los Alamos National Laboratory): 位于新墨西哥州洛斯阿拉莫斯，是隶属于美国能源部的国家实验室。该实验室曾研制首枚原子弹，是曼哈顿计划所在地。20世纪90年代兴起的复杂科学和人工生命，也与该实验室有密切关系。此外，被美国政府错误地以间谍罪名起诉的华人科学家李文和也是在此实验室工作。

[10] 元胞自动机 (cellular automata): 也称为细胞自动机、格状自动机，是一种离散模型，具有并行计算的特征。

[11] 活系统合成与仿真跨学科研讨会 (Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems): 这个会议后来更名为“人工生命” (Artificial Life) 大会。

## 第十八章

### 有组织的变化之架构

#### 18.1 日常进化的革命

翻开任何一本论述进化的书，关于变化的故事俯首可拾。适应、物种形成、突变，这些术语说的都是一回事——转变，即随着时间的推移而产生变化。用进化科学教给我们的“变”之语言，我们用变动、变形、创新等词描述着我们的历史。“新”是我们最喜欢的词。

不过，进化理论的书里很少有谈到稳定性的。你在这类书中找不到类似静态平衡、固定性、稳定性或任何表示恒常的术语。尽管进化在大部分时间里都变化不大，但老师们和教科书们却闭口不谈这种恒定。

恐龙被当作不愿改变的典型，这实在有点冤。在人们脑海中，这个高大的怪物总是瞪着眼傻看着鸟一样的生物在自己步履迟缓的脚边飞来飞去。我们时常劝诫怯懦者：别做恐龙！不要被前进的车轮碾碎！我们告诉迟钝者：要么适应，要么倒下。

当我在图书馆的在线索引中输入“进化”这个词时，得到了如下名单：

《中国语言的进化》，《音乐的进化》，《早期美国政党的进化》，《技术的进化》，《太阳系的进化》。

很明显，这些标题里的“进化”是一种约定俗成的用法，意为随着时间推移而递增的变化。但是，世界上是否有什么东西不是渐变的呢？我们周围几乎所有的变化都是递增的。灾难性巨变很少见，长期持续的灾难性变化几乎是闻所未闻。所有的长期变化都是进化性的吗？

有人是这样认为的。华盛顿进化系统协会是由180名工程及科学专家组成的充满活力的全国协会。其宪章认为所有系统毫无例外都是进化性的，“（我们）对所考察的系统没有任何限制……所有我们看到的和经历的，都是正在上演的进化过程的产物。”在研究了他们对进化的一些看法后——譬如“客观现实的进化，企业的进化”，我忍不住问协会创始人鲍伯·克劳斯贝：“有没有你认为不是进化的系统的？”他回答道：“我们还没看到任何一处没有进化的角落。”我曾努力避免在本书中使用“进化”的这个意思，即随时间推移而递增的变化，但我没能完全做到。

尽管“进化”这个词会引起混淆，但最能体现变化之意的那些词都与有机体密切相关：成长、发育、进化、变异、学习、蜕变、适应。大自然就是一个有序变化的王国。

而迄今为止的无序变化正是技术的真实写照。无序变化的极致是“革命”——这是一种人造之物所特有的激烈、间断式的变化。自然界中不存在革命。

技术以革命为其常见的变化模式。从工业革命开始，伴随而来的是其始料未及的法国大革命和美国独立战争，随后我们又见证了一系列由科技进步引发的连续不断的革命——电子器件、抗生素和外科手术、塑料制品、高速公路、节育，等等。现如今，每周我们都能听到社会和技术领域发生革命的消息。基因工程和纳米技术等科技的出现，意味着我们能制造任何想要的东西，也就保证了革命每天都会发生。



但我预言，这种每天发生的革命将会受到每天发生的进化的狙击。科技革命最终将会与进化合二为一。科学和商业都在试图掌握变化——以结构化的方式持续为自己滴注变化，以便使它稳定运转，产生持续的微革命浪潮，而不是戏剧性的、摧枯拉朽的宏大革命。我们该如何将变化植入人造物，使其能够既有序又自主？

进化科学不再仅为生物学家们视若珍宝，工程师们也同样如此。人工进化在我们身边兴起；对自然进化和人工进化的研究也越来越被重视。阿尔文·托夫勒是一位未来主义者，是他首次使公众意识到，不仅科技和文化在迅速地变化，变化本身的速率似乎也在加快。我们生活在一个不断变化的世界中，我们必须理解这个世界。而我们对自然进化的了解还不够透彻。借助近年来发明的人工自然进化以及对它的研究，我们能更好地了解有机界的进化，并在我们的人造世界里更好地掌握、引入和预见变化。人工进化是生物所属的新生物学的第二主线，也是机器所属的新生物学的第二主线。

我们的目标是制造，比如说，制造自己会调整框架和车轮以适应行驶路况的汽车，修筑能检查自身路况并进行自我修复的道路，建造可以灵活生产并满足每个客户个性化需求的汽车厂，架设能察觉车流拥堵状况并设法使拥堵最小化的高速公路系统，建设能学习协调其内部交通运输流量的城市。这当中的每个目标都需要借助科技改变自身的能力。

然而，与其不断地泵入少许的变化，不如将变化的本质——一种适应的精神，植入系统的内核。这个神奇的幽灵就是人工进化。往大了说，它能繁育出人工智能；往小了说，它可以促成温和的适应。无论从哪方面说，进化都是一种机器们远不具备的自引导力量。

后现代思维接受了“进化对未来一无所知”这一曾经令人不安的理念。毕竟，人类不可能预见到未来的一切需要，而我们还自认要比其他的物种具有更长远的眼光呢。讽刺的是，进化比我们所想的更混沌

无知：它既不知从何而来，也不知向何处去。不仅对事物的将来一无所知，对它们的过去和现在也茫然一片。大自然从不知道它昨天做过什么——它也不在乎这个。它不会记录所谓的成功、妙招或是有用之物。我们所有的生物加在一起勉强算得上是一个历史记录，不过，如果没有大智慧，我们难以揭示或解密我们的历史。

一个普通的有机体对其下层的运作细节没有丝毫概念。一个细胞在对自己基因的了解上就如同无知少女。植物和动物都是小型的制药厂，随便鼓捣出的生化药剂都会使基因泰克公司 [\[1\]](#) 垂涎三尺。但是，无论是细胞、器官、个体也好，还是物种也好，都不会对这些成就追本溯源。知其然，不知其所以然——这正是生命所秉持的最高哲学。

当我们把自然看作一个系统时，并不指望它有意识，而是希望它能记录下自己的所作所为。众所周知，生物学有一条金科玉律，叫中心法则。该法则指出，自然没有任何簿记。更确切地说，信息由基因传递给肉体，但绝不可能倒推——从肉体回到基因。也即是说，自然对自己的过去是不留一丝记忆的。

## 18.2 绕开中心法则

假使大自然能在生物体内双向传递信息的话，就可能实现以基因和基因产物之间双向交流为前提的拉马克进化。拉式进化，优势巨大。当羚羊需要跑得更快以逃离狮口时，它可以利用由身体到基因的交流方式引导基因制作快腿肌肉，再把革新后的基因传递给后代。这样一来，进化的过程将大大加快。

不过，拉马克进化需要生物体能够为其基因编制有效的索引。如果生物体遇到了严酷的环境——比如说海拔极高，它就会通知体内所

有能影响呼吸的基因，要求它们进行调整。身体无疑能通过激素和化学反应把消息通知到各个器官。如果能精准到司职的那些基因的话，身体也能把同样的消息传递给它们。然而，这正是缺失的那一步簿记活儿。身体并不记录自己是如何解决问题的，因此也就不能确定到底是哪个基因被用来在铁匠的肱二头肌上给肌肉充血，或者哪个基因是用来调节呼吸和血压的。生物体内有数百万个基因，可以生成数十亿个特征——一个基因能生成不止一个特征，而一个特征也可能由不止一个基因生成。簿记和索引的复杂性将远超过生物体本身的复杂性。

所以，与其说躯体内的信息不能向基因方向传递，不如说由于消息没有确切的递送目的，才使信息传递受到了阻碍。基因中没有管理信息交通的中央管理局。基因组就是极致的分权系统——蔓生的冗余片断，大规模并行处理，没有主管，无人监察各个事务。

如果有办法解决这个问题又会怎么样呢？真正的双向遗传通信将引发一连串有趣的问题：这样的机制会带来生物学上的进步么？拉马克式生物学还需要些什么？是否曾出现过通往这一机制的生物路径？如果双向通信是可能的，为什么这种情况还没有发生？我们能通过思想实验勾勒出一种可行的拉马克式生物进化学说吗？

拉马克式生物学十有八九需要一种高度复杂形式——一种智能，而多数生物的复杂性都达不到这个水平。在复杂性富足到可以产生智能的地方，譬如人类和人类组织，以及他们的机器人后裔，拉马克进化不仅可能，而且先进。阿克里和利特曼已经展示，由人类编程的计算机能运行拉马克进化。

在最近十年里（指1984—1994），主流生物学家已经认可了一些标新立异的生物学家鼓吹了一个世纪的言论：如果一个生物体内获得了足够的复杂性，它就可以利用自己的身体将进化所需的信息教给基因。因为这种机制实际上是进化和学习的混合，因而在人工领域中最具潜力。

每个动物的躯体都有一种与生俱来且有限的的能力来适应不同环境。人类能适应比目前高得多的海拔地区的生活。我们的心率、血压和肺活量必然也一定会自我调整以适应较低的气压。当我们转移到低海拔地区时，同样的变化就颠倒过来。不过，我们能适应的海拔高度是有限的。对我们人类来说，就是在海平面以上2万英尺。超过这个海拔，人体自我调整的能力达到极限，无法长期停留。

设想一下住在安第斯高山上的居民的生活状况。他们从平原迁移到一个空气稀薄之地，严格说来那里不是最适合他们居住的地方。几千年的高山生活中，他们的心肺和他们的身体为了能适应高海拔环境，不得不超负荷运转。假如他们的村里出生了一个“怪人”，他的身体在基因上有处理高海拔压力的更好方式——比如说，有更好的一种血红蛋白变体，而不是更快的心跳，那么这个怪人就有了一种优势。如果怪人又有了孩子，那么这种特征就有可能在村子里代代相传，因为它有利于降低心肺承受的压力。根据达尔文的自然选择原理，这种适应高地生活的突变就开始主宰小村人群的基因库。

乍看之下，这似乎正是经典的达尔文进化。但是，为了使达尔文进化能够进行，生物首先必须在未得益于基因改变的条件下，在这个环境里生活许多代。因此，是身体的适应能力使种群能够延续到突变体出现的那一天，并借此修正自己的基因。由躯体带头的适应能力（肉体适应性），随着时间的推移，被基因吸收并化为己有。理论生物学家沃丁顿 [2] 称这种转变为“遗传同化”（Genetic Assimilation）。控制论专家格雷戈里·贝特森称其为“肉体适应性”（Somatic Adaptation）。贝特森将它与社会的立法变革相比——最初的变革由人民推行，然后才被制定为法律。贝特森写道：“明智的立法委员很少率先提出行为的新准则，他往往仅限于将那些已经成为人民行为习惯的准则确认为法律。”在技术文献中，这种遗传认证也被认为是鲍尔温效应，以心理学家鲍尔温 [3] 的名字命名。1896年，他首次公布这个概念，并称其为“进化中的新因子”。

我们再来打个高山村落的比方，这次是在喜马拉雅山，一个名为香格里拉的山谷。那里的居民身体能适应最高达3万英尺的海拔高度——比安第斯山的居民高1万英尺——不过，他们也有能力住在海平面高度上。如同安第斯山的居民一样，这种变异经过几代的传递，刻写到这些居民的基因中。拿这两个高山村落来比较，喜马拉雅山人现在获得了一付更具伸屈性、更可塑的躯体，因此从本质上说更具进化的适应能力。这似乎有点像拉马克学说的典型实例，只不过那些能最大限度伸展脖子的长颈鹿们能够借助它们的躯体来守护这种适应，直到自己的基因迎头赶上。从长远来看，只要这些长颈鹿们能保证自己的躯体适应各种极端的压力，它们就会最终赢得竞争。

谁具有灵活的外在表现形式，谁就能获得回报——这正是进化的精髓所在。一付能适应环境的躯体，显然要比一付刻板僵硬的躯体更具优势；在需要适应的时候，后者只能像等着天上掉馅饼一样期待突变的光临。不过，肉体的灵活性是“代价不菲”的。生物体不可能在所有方面都一样灵活。适应一种压力，就会削弱适应另一种压力的能力。将适应刻写到基因中是更有效的办法，但那需要时间；为了达到基因上的改变，必须在相当长的时期内保持恒定的压力。在一个迅速变化的环境里，保持身体灵活可塑是首选的折衷方案。灵活的身体能够预见，或者更确切地说，是尝试出各种可能的基因改进，然后就像猎狗追踪松鸡一样，紧紧地盯住这些改进。

这还不是故事的全部。左右着身体的是行为。不管出于什么原因，长颈鹿必须先想要够到高处的树叶，之后不得不一次次地努力为之。人类则因为某种原因不得不选择移居到海拔更高的村庄。通过行为，一个生物体能够搜索自己的各个选项，探求自己可能获得的适应性的空间。

沃丁顿曾说过，遗传同化或鲍尔温效应，实际上就是如何将后天习得的技能转化为先天遗传的特性。而问题的真正症结所在，则是自

然选择对特性的控制。遗传同化将进化提速了一个档级。自然选择是将进化的刻度盘调至最佳特性，而肉体和行为适应性则不仅提供了进化的刻度盘，还能告知应该向哪个方向转动以及离最佳特性还有多远。

行为适应性还通过其他方式来影响进化。自然学家已经证实，动物不断走出自己已经适应的环境，浪迹四方，在“不属于”它们的地方安家。郊狼悄悄地向遥远的南方进发，嘲鸟则向遥远的北方迁徙；然后，它们都留在了那里。在这一过程中，适应最初源于一种模糊的意愿，而基因则认同了这种适应，并为之背书。

如果将这种起源于模糊的进化应用到个体学习上，则会滑向古典拉马克学说的危险边缘。有一种雀科小鸟学会了用仙人掌刺去戳刺昆虫。这种行为为小鸟开启了一个新的窗口。通过学习这种有意的行为，它改变了自己的进化。它完全可能通过学习，即使这种可能性不大，来影响它的基因。

一些计算机专家在用到“学习”这个词时，所指的是一种不严格的、控制论上的概念。格雷戈里·贝特森把躯体的灵活性看作是一种学习。他不认为由躯体进行的搜索和由进化或思维进行的搜索有多大区别。以此解释的话，可以说“灵活的身体学习适应压力”。“学习”应该是在一生而非几代中获得的适应。计算机专家并不对行为学习和肉体学习进行区分。关键是，这两种适应形式都是在个体的一生中对适应空间进行搜索。

生物体在其一生中有很大的空间重塑自己。加拿大维多利亚大学的罗伯特·里德指出，生物能通过以下可塑性来回应环境的变化：

◎形态可塑性（一个生物体可能有不止一种肉体形态）

◎生理适应性（一个生物体的组织能改变其自身以适应压力）

◎行为灵活性（一个生物体能做一些新的事情或移动到新的地方）

◎智能选择（一个生物体能在过去经历的基础上做出选择）

◎传统引导（一个生物体能参考或吸取他人的经验）

这里的每一个自由度都代表一个方向，生物体可以沿着它在共同进化的环境中寻找更好的办法重塑自己。考虑到它们是个体在一生中所获得的适应性，并能在以后被遗传同化，因而我们称这五种选项为可遗传学习的5个变种。

## 18.3 学习和进化之间的区别

人们在最近几年才开始研究学习、行为、适应与进化之间那令人兴奋的联系。绝大部分工作都是通过计算机仿真进行的。生物学家们曾经或多或少地轻视这些工作——不过情况已经今非昔比了。有一批如戴维·艾克利和迈克尔·利特曼（1990年）、杰弗里·韩丁和史蒂文·诺兰（1987年）这样的研究人员已经通过仿真实验明确无疑地揭示了会学习的生物族群是如何比那些不会学习的生物族群更快地进化的。这里所说的学习，是指通过改变行为来不断搜索种种可能的适应性。用艾克利和利特曼的话说：“我们发现，能够将学习和进化融为一体的生物要比那些只学习或只进化的生物更成功，它们繁育出更有适应力的族群，并能一直存活到仿真实验结束的时刻。”在他们的仿真实验中，生物所进行的探索式学习实质上是一个对确定问题的随机搜索算法。而在1991年12月举办的第一届欧洲人工生命会议 [\[4\]](#) 上，另两位研究人员帕里西和诺尔夫提交的实验结果显示，由生物群自行选择任务的自导向学习具有最佳的学习效率，生物的适应性也由此得到了加强。



他们大胆断言，行为和学习都是遗传进化的动因之一。这一断言将愈来愈被生物学所接受。

更进一步讲，韩丁和诺兰推测，鲍尔温理论最有可能适用于那些特别“崎岖”的问题。他们认为：“对那些相信进化空间中地势起伏都有规律可循的生物学家来说……鲍尔温效应没什么意义，而对那些质疑自然搜索空间有着良好结构的生物学家们来说，鲍尔温效应就是一个重要机制，它允许生物利用其体内的适应过程大大改善其进化空间。”生物体开创了属于其自己的可能性。

迈克尔·利特曼告诉我说，“达尔文进化的问题在于，你要有足够的进化时间！”可是，谁能等上一百万年呢？在将人工进化注入到制造系统的各种努力中，要加快事物的进化速度，一个办法就是向其中加入学习。人工进化很可能需要一定的人工学习和人工智能，才能在人类可接受的时间尺度内上演。

学习加上进化，正是文化的一笺配方。通过学习和行为将信息传递给基因，是遗传同化；反之，由基因将信息传递给学习和行为，就是文化同化。

人类历史就是一个文化传承的过程。随着社会的发展，人类的学习与传授技能与生物学意义上继承的记忆与能力是遥相呼应的。

从这点来看——这个观念其实由来已久，由先前的人类所获得的每一个文化进步（刀耕、火种、书写），都为人类心智和躯体的转变预备了“可能的空间”，从而使昔日的生物行为转化为日后的文化行为。随着时间的推移，由于文化承担了部分生物性的工作，人类的生物行为逐渐依赖于人类的文化行为，并更有效地支持了文化的进一步发展。孩子们从文化（祖辈的智慧）而非动物本能中每多传承一分，就使得生物学的人类多一分机会，将这种文化代代相传下去。

文化人类学家克利福德·格尔茨对此做了总结：

贯穿冰河时代的、如同冰川一般缓慢而坚定的文化成长，改变了进化中的人类所面对的选择压力，对人类进化起着主要的指导作用。尽管细节难以回溯，但工具的完善，有组织的狩猎和采集活动，真正的家庭结构，火的发现，更重要的是，在交流和自我约束中对符号系统（语言、艺术、神话、仪式）的日渐依赖，凡此种种，都为人类创造了不得不去适应的新环境……我们不得不放弃试图通过基因来精准、规律地控制我们行为的道路……

如果我们把文化看作是一个自组织系统——一个具有自己的日程和生存压力的系统，那么，人类的历史就会显得更有意思了。理查德·道金斯曾经表示，那些自复制的思想或文化基因体系能迅速累积自身的事务和行为。我认为对于一个文化来说，最本原的动力就是复制自身以及改变环境以有利于其传播，除此之外，别无其他。消耗人类的生物资源是文化这个自组织系统得以存续的一个途径。而人类在一些特定的工作上也往往善假于物。书本使得人类的头脑从长期存储信息的负荷中解脱出来，得以去做些别的事情；而语言则把笨拙的手势交流压缩为省时省力的声音。经过世代的变迁，文化会承载起越来越多的机体功能。社会生物学家威尔逊和查尔斯·拉姆斯登利用数学模型发现了他们所谓的“千年规则”。计算表明，文化进化能带动基因的重大变化，使之在一千年内就能迎头赶上。他们推断，在过去千年里人类所经历的文化上的巨变可能会在基因上找到一些影子——尽管基因层面的变化可能是我们还无法察觉的。

威尔逊和拉姆斯登认为，基因和文化的耦合是如此紧密，以至于“基因和文化不可分离地连为一体。任何一个发生变化都将不可避免地迫使另一个也发生变化”。文化进化能塑造基因组，但也可以说基因对文化也存在必然的影响。威尔逊相信，基因变化是文化衍变的先决

条件。如果基因的灵活性不足以适应文化的变迁，就无法在文化中长期生根。

文化随我们的躯体而进化，反之亦然。没有了文化，人类就失去了独有的天赋。（一个不那么恰当的证据是，我们无法把由动物养大的“狼孩”培养成有创造力的成年人。）文化和肉体融合成一种共生关系。在丹尼·希利斯的概念中，文明的人类是“世界上最成功的共生体”——文化和生物行为互惠互利、互为依存——这是一个最绝妙的共同进化的例子。如同所有的共同进化一样，它也遵循正反馈和收益递增的法则。

文化重塑了生物（确切地说，是让生物重塑了自己），使之适于更进一步的文化发展。因此上，文化趋于一个自提速的过程。如同生命会繁衍出更多数量和种类的生命一样，文化也会孕育出更多数量和种类的文化。这里我所指的是一个强化了的过程：在文化引导下的生物，从生物本质上更适于从事生产、学习和适应等工作，而且是以文化而非生物的方式。这意味着，我们之所以拥有能创造文化的大脑，是因为文化需要并产生出这样的大脑。也就是说，人类出现以前的物种，不管曾拥有怎样微末的文化碎片，对于后继者们创造出更多的文化都会有所助益。

对人体来说，这种朝向信息系统的加速进化似乎意味着生物性的萎缩。从学习和知识积累的角度看，文化是一种自组织行为，它以生物性为代价来做大自己。正如生命无情地侵入物质并将其据为己有一样，文化也将生物性据为己有。在此我宣称，文化修改我们的基因。

对此我没有丝毫生物学上的证据。我从史蒂文·杰·古尔德<sup>[5]</sup>等人那里听过一种说法：“人类自两万五千年前的克鲁马努人<sup>[6]</sup>以来就没有发生任何形态上的变化。”不过我不知道这个说法对我的主张意味着什么，也不确定古尔德等人的声称到底有多准确。从另一方面说，生

物退化的速度之快令人咂舌。栖息在全黑洞穴中的蜥蜴和老鼠据说随时都可能丧失它们的视觉功能。在我看来，肉体只要有机会就会将它每天背负的苦差事甩掉一部分。

我想说的是，拉马克进化的优势是如此显著，以至于大自然找到了使其发生的方式。在达尔文的语义下，我会这样来描述它的成功：进化无时无刻不在细察这个世界，不仅仅是为了找到更适合的生物体，更是为了找到提升自身能力的途径。它每时每刻都在寻求在适应上有所寸进。这种不间断的自我鞭策形成了一种巨大的压力——如同整个大洋在寻找一丝可以渗漏的缝隙一样，迫使其提高自身的适应能力。进化搜寻着行星表面，寻找让自己加快速度的方法，使自己更具灵活性，更具“进化性”——这并非出于它的主观努力，而是因为不断加速的适应性就是失控了的轨道，它行驶其上，身不由己。它搜索着，力图找寻拉马克进化而不自知；拉马克进化正是那丝更加通畅、更具可进化性的缝隙。

随着动物不断进化出复杂行为，进化开始从达尔文枷锁中挣脱出来。动物们能对外界刺激作出反应，能够做出选择，还能够迁徙到新环境和适应环境的变化，这些都为准拉马克进化创造了条件。而随着人脑的进化，人类创造了文化，文化又催生了真正具备获得性遗传的拉马克进化。

达尔文进化作为一个学习过程不仅缓慢，用马文·明斯基的话来说，而且“愚钝”。当最原始的脑组织诞生时，进化发现，引入主动学习可以加快进化的步伐。而当人类的大脑诞生后，进化终于找到了预见并引导自身进程所需的复杂性。

## 18.4 进化的进化

进化是一种有组织地变化的架构。不仅如此，进化是一种自身求变、自行重组的有组织变化的架构。

地球上的进化已经经历了40亿年漫长的结构变化，未来会有更长的路要走。进化的进化可以归结为以下一系列历史进程：

◎系统自发

◎复制

◎遗传控制

◎肉体可塑性

◎弥母文化

◎自我导向的进化

在地球的早期岁月中，在尚无任何生命可进化之前，进化更偏心于那些稳定的事物。（这里暗含一个循环论证的逻辑，因为在太初时期，稳定即意味着生存。）

进化可以更长久地作用于那些稳定的事物，因而，稳定通过进化产生进一步的稳定。从沃尔特·方塔纳<sup>[7]</sup>和斯图亚特·考夫曼的工作（参见第20章）我们得知，能够催化出自身产物的简单化合物可以通过简明的化学过程形成某种自持的化学反应环。因此，进化的第一步就是进化出能够自我生成复杂性的母体，为进化提供可作用于其上的持久种群。

进化的下一步是进化出自复制的稳定性。自复制为错误和变异提供了可能。由此，进化进化出自然选择，并释放出其强大的搜索功能。

接下来，遗传机制从幸存机制中分离出来，进化进化出同时具有基因型和表现型的对偶系统。通过将巨大的可能形式之库压缩到致密的基因中，进化进入到一个广袤的运行空间。

随着进化进化出更复杂的躯体和行为，躯体得以重塑自身，动物得以选择自己的生死之门。这些选择打开了躯体“学习”的空间，使进化得以继续进化。

学习加快了下一个步骤，那就是人脑这台复杂的符号学习机的进化。人类的思考进化出文化和弥母型（即观念）进化。进化也因而能通过新的庞大的可能形式之库，以自觉和“更聪明”的方式加快自身的进化速度。这就是我们现在所处的历史阶段。

只有上帝才知道进化下一步会走向哪里。人类所缔造的人工进化是否会成为进化的下一个舞台？显而易见的是，进化迟早会触及到自我导向这个进程。在自我导向下，进化自行选择向哪里进化。这已经不是生物学家所讨论的范畴了。

我倾向于将这段历史重述如下：进化曾经并且将会继续探索可能进化之空间。正如可能图画之空间、可能生物形式之空间以及可能计算之空间一样，还存在一个探索空间的可能方法之空间，我们并不知道这个空间到底有多大。而这个元进化，或者以超级进化、深度进化、乃至终极进化名之，逡巡于所有可能的进化游戏中，搜索着所有可能的进化。

生物体、弥母、生物群系，凡此种种，都只是进化用以维持其进化的工具。进化真正想要的，也即它去往的目的地，是揭示（或创造）某种机制，能以最快的速度揭示（或创造）宇宙中可能的形式、事物、观念、进程。其最终目的不仅要创造形式、事物和思想，而且要创造用以发现或创造新事物的新方法。超级进化通过从无到有、分阶段的策略，不断地扩大自己所及的范围，不断地创造可供探索的新

领域，不断地寻找更好、更具创造力的方法去创造，从而最终实现这一目的。

这听起来有些饶舌，好像在说罗圈话。但我找不到不那么绕口的说法。或许可以这么说：进化的工作就是通过创造所有可能的可能性籍以栖身的空间来创造所有可能的可能性。

## 18.5 进化解释一切

进化的理念是如此强大且具有普适意义，似乎万事万物背后都有它的影子。传奇的考古学家德日进曾写道：

进化乃理论乎？体系乎？抑或假说乎？未及其万一也。概凡理论、假说、体系，皆须以进化为基本之原则，方可成其为真。进化乃普照世间之光明，指引万物之航标。是为进化。

然而，进化这种解释一切的作用使其蒙上了一层宗教的阴影。华盛顿进化系统协会的鲍伯·克劳斯贝就曾毫无顾忌地说道：“凡是人们看见上帝之手的地方，我们都能看见进化。”

进化与宗教有许多貌似之处。进化的理论框架是自包容的、丰富的，几乎是不证自明、不容争辩的。各种小型的地方性协会如雨后春笋般冒了出来，并且每月定期聚会，就如克劳斯贝的大型协会那样。作家玛丽·密德格雷在其短小精悍的著作《作为宗教的进化》（*Evolution as a Religion*）中，以这样四句话作为开场白：“进化不仅是理论科学中的一潭死水。它还是——也不得不是，关于人类起源的一个至强传说。任何故事都一定有其象征意义。我们大概是第一个弱化这种意义的文化。”



她并非要质疑进化理论的真实性，她所反对的是罔顾进化的逻辑性而空谈这个强大的理论对我们人类所做的一切。

我深信，从长远来看，正是这未经实证的进化——不管它从何而来，往哪里去，在塑造着我们的未来。我毫不怀疑，揭示深度进化的内在本质之时，也即是触动我们灵魂之日。

---

[1] 基因泰克公司（Genentech）：美国生物制药业的巨头。

[2] 沃丁顿（C.H.Waddington，1905～1975）：英国发育生物学家、古生物学家、遗传学家、胚胎学家和哲学家，系统生物学的奠基人。他兴趣广泛，包括诗歌和绘画，并带有左翼政治倾向。

[3] 鲍尔温（J.M.Baldwin，1861～1934）：美国哲学家和心理学家，普林斯顿大学心理学系的创办者，对早期心理学、精神病学和进化论都有所贡献。

[4] 第一届欧洲人工生命会议：First European Conference on Artificial Life

[5] 史蒂文·杰·古尔德（Steven Jay Gould，1941～2002）：美国古生物学者、进化生物学家、科学史学者，也是其同时代最有影响力的科普作家。

[6] 克鲁马努人（Cro-Magnon）：旧石器时代晚期生活在欧洲的最早的新人类，距今大约三万五千年（凯文·凯利的数字可能有误）。

[7] 沃尔特·方塔纳（Walter Fontana）：意大利学者，毕业于奥地利维也纳大学，生物化学专业。曾参加圣塔菲研究所工作。2004年加入哈佛大学医学院，从事系统生物学研究。

## 第十九章 后达尔文主义

### 19.1 达尔文进化论不完备之处

“它完全地错了。像在巴斯德之前的传染病医学一样错了。像颅相学一样错了。它的所有重要信念都错了。”说这话的是直言不讳的林恩·玛格丽丝，她说的是她最近的靶子：达尔文派的进化论信条。

关于“什么是错的”，玛格丽丝以前曾经说对过。1965年，她提出真核细胞共生起源的惊人论断，撼动了当时的微生物学界。她声称漫游在真核生物间质内的细菌合力形成了细胞，这让传统理论家难以相信。1974年，玛格丽丝再次震惊主流生物学界。她（跟詹姆斯·洛夫洛克一起）提出了这样的设想：地球的大气形成、地质变迁和生物发展进程之间的相互联系是如此紧密，这使得他们有如一个有活力的单一自我调节系统——盖亚。如今，玛格丽丝又公开对历经百年的达尔文学说的现代框架发起抨击。达尔文进化论认为，新的物种是通过不间断的、渐进的、独立的和随机变异的线性过程形成的。

不是只有玛格丽丝一人向达尔文理论的堡垒发起挑战，不过，很少会有人像她这样无遮无掩。对于所知不多的大众来说，反对达尔文好像就是在同意创世论；而由此可能给科学家声誉上带来的污点，成了怀疑进化论者的软肋，再加上达尔文咄咄逼人的天才，使几乎所有挑战者都望而退却，只有一些最鲁莽的离经叛道者才敢公开质疑达尔文理论。

激发玛格丽丝研究兴趣的是达尔文进化论中那显而易见的不完整性。她认为，达尔文理论的错处，在于它忽视了一些东西，又错误地强调了另外一些东西。

有一些微生物学家、基因学家、理论生物学家、数学家和计算机科学家正在提出这样的看法：生命所包含的东西，不仅仅是达尔文主义所说的那些东西。他们并不排斥达尔文所贡献的理论；他们想做的，只是要超越达尔文已经做过的东西。我把他们称为“后达尔文主义者”。无论是林恩·玛格丽丝，还是任何一位后达尔文主义者，都不否认在进化过程中普遍存在自然选择。他们的异议所针对的是这样一种现实：达尔文的论证具有一种横扫一切、不容其他的本性，结果是到最后它根本解释不了什么东西；事实上，已经逐渐有证据表明，仅凭达尔文学说来解释我们的所见种种已然不敷应用。后达尔文主义学者提出的重大课题是：自然选择的适用极限何在？什么是进化所不能完成的？以及，如果自然界这位盲眼钟表匠<sup>[1]</sup>放任的自然选择确有极限，那么，在我们所能理解的进化之中或者之外，还有什么别的力量发生着作用？

当代信奉进化论的生物学家普遍认为，我们在自然中所见的一切，都可以用“自然选择”这一基本过程来解释。用学术行话来说，这种立场可以被称为选择论。这也是当今活跃着的生物学家近于普遍接受的立场。这样的立场比达尔文自己当时所持的更为极端，所以有时候又会被称为新达尔文主义。

就人工进化的探寻而言，自然选择的界限（如果有的话），或者一般意义上的进化的界限，对实践而言是非常重要的。我们希望人工进化过程中能产生出无穷的多样性，但迄今为止，却不容易做到。我们想把自然选择的动力机制延伸到具有多种尺度的巨大系统中去，可却不知道它能延伸多远。我们希望有这么一种人工进化，我们对其的控制能略多于我们对有机进化的控制。有此可能吗？

正是这样的一些问题，促使后达尔文主义者重新去考虑不同的进化论——很多早在达尔文之前便已存在，只不过被达尔文理论的夺目光芒所遮盖了。遵循着扩展到智力领域的适者生存法则，当代生物学对这些“劣等的”落败理论很少给予重视，结果它们就只能苟存在那些已经绝版的冷门著作中。不过，这些当年的开创性理论中有些观点，却很适合人工进化这个新的应用环境，因而人们谨慎地重新起用这些理论并对其加以检验。

当达尔文在1859年初版《物种起源》的时候，尽管他不懈地去说服同行，但那个时代最负盛名的博物学家和地质学家们却还是迟疑着不能全盘接受他的理论。他们接受了达尔文的嬗变理论——“经过改良的继承”，或新物种是从先前存在的物种逐渐变化而来的看法。但是，对于他用自然选择说来解释进化的机理——即一切都只源于随机取得而累积的微小进步——仍很怀疑，因为他们觉得达尔文的说法不能准确地对应自然现实，而那是一种他们再熟悉不过的现实，他们所用的研究方法，是如今这个年代中已然属于罕见的方法；这个年代的学者们有着专业细分，终日关在实验室里对着瓶瓶罐罐而不是身处大自然中做研究。可由于他们既不能找出具有压倒性的否证，也没能提供同样高质量的替代性理论，他们那些强有力的批评，最终也就埋没于往来通信和学术争论之中了。

达尔文也没能提供某种具体的机制来解释自己提出的“自然选择”是如何发生的。他对那时刚出现的遗传因子研究一无所知。在达尔文的力作发表之后的50年里，各种关于进化论的补充学说可以说是层出不穷，直到“基因”和后来的“DNA”概念被发现确立，达尔文的理论才真正站稳了主导地位。事实上，我们在今天所看到的所有那些激进的进化论观点，几乎都可以在那一段时间——即从达尔文发表他的理论开始直到他的理论被当成是教条接受下来之前——的某些思想家那里找到根源。

对于达尔文理论的弱点，没有人比达尔文自己更清楚。达尔文曾经主动提供过一个实例来说明他的理论所遇到的困难，就是高度复杂的人眼（自那以后，达尔文理论的每一位批评者也都曾用过这个例子）。设计精巧且相互作用的晶状体、虹膜、视网膜等结构，看起来确实挑战了达尔文那种“轻微、累进的”随机改进机制的可信度。正如达尔文在给他的美国朋友阿萨·格雷的信中所写的：“你说的弱点我同意。直到今天，眼睛还是会让我寒而不栗。”格雷所遇到的困难，是他想不出在一个没有进化完全的眼睛中，某些部分会有什么用处，也就是说，他想不出一个没有晶状体与之配套的视网膜，或者反过来，没有视网膜与之配套的晶状体能对它的拥有者有什么用处。而既然生物不会囤积它的发明（“嘿，等熬到白垩纪这东西就有用了！”），那每个阶段的物种进步就都得是马上就能用上、能产生效果的。每次突破，都必须首演即获成功。即使是聪明的人类也无法为这么久远以后的挑剔需求而矢志不渝地谋划。以此为例，具有这样非凡创造力的自然看来背后还有神明的造物主啊。

我们在驯养繁育的过程中已经能看到那“微进化式”的变化——那些具有特别大的豆荚的豆子会繁育出具有更大豆荚的豆子，或者比较矮的马会生出更矮的马。那么，让我们设想一下，达尔文说，让我们从这些我们已经看到的事情开始做一个外推。如果我们把这些因为人工选择而造成的微小变化推广到数百万年长的尺度上，那么，当我们把所有这些细微的差异都累加起来的时候，我们看到的就是一个根本性的变化。这种变化，达尔文说，就是让细菌变成珊瑚礁和狃狃的变化，也就是累进的微小变化。而达尔文想要我们做的，就是把这种微小变化的逻辑合理性进行扩展，一直扩展到能够适用于地球和自然史这样一个尺度的空间和时间的地步。

达尔文的立论，即自然选择可以扩展到解释所有生物，是基于逻辑推理的论断。可是人类的想象和过往经验让人们都知道：合乎逻辑的东西未必是实情。合乎逻辑只不过是成真的必要条件，但并不是成

真的充分条件。新达尔文主义把蝴蝶翅膀的每一次扇动，叶片上的每一条曲线，鱼的每一个种类都归于适应性选择来解释。似乎没有什么不能归结为适应的结果。可是，正如理查德·莱旺顿这位著名的新达尔文主义者所言：“正是因为自然选择什么都能解释，所以它其实什么也没有解释”。

生物学家们并不能（或者至少到现在还没有）排除这样的可能，即还有其他的力量在自然中发挥着作用，在进化过程中产生出和自然选择类似的效果。这样一来，除非“进化”可以在受控条件下在野外或者在实验室内被复制出来，否则，在此之前，新达尔文主义就仍只是一个好听的“本该如此”式故事；它更像是历史，而非科学。科学哲学家卡尔·波普直接了当地认为，因为不能被证伪，所以新达尔文主义根本不是什么科学。“不管是达尔文还是任何一个达尔文主义者，迄今为止都还没能为任何一个单独生物体或任何一个单独器官组织的适应性进化提供出一种具体的、实实在在的因果解释。所有论据——为数还不少 [原文如此] ——都只是在说这种解释可能成立，意思就是，[这些理论] 并非在逻辑上不可行。”

生命形式有一个因果关系上的难题。任何共同进化的生物体，看起来都是自我创造出来的。这样一来，确立其间因果关系的工作就异常繁重了。为进化论寻求更完备解释的部分任务就在于探究自然产生的复杂性以及实体从有部件构成的网络中涌现出来所需遵循的规则，并为此寻求一种更为完备的逻辑解释。另外，对于人工进化（现在还主要是通过计算机仿真来完成）的研究，在很大程度上其实是跟科学的一种新证明方式捆绑在一起的。在计算机的大规模应用之前，科学包含两个方面：理论和实验。一个理论会构造出一个实验，同样实验则会证实或证伪这种理论。

但是，在计算机那里却诞生出了第三种进行科学工作的方式：仿真。一次仿真，同时就会既是理论也是实验。事实上，当我们在运行

一个计算机模型（比如说，汤姆·雷的人工进化模型）的时候，我们不仅是在试验一个理论，同时也是让某种实实在在的东西运转了起来，而且还在不断累积着可以证伪的数据。弄清楚复杂系统中的因果关系始终是一个难题，但也许，这种新的理解方式，即通过建立能成功运转的模型替代物来对真实进行研究，却可以让我们绕过这样一个两难境地。

人工进化曾一度作为自然进化的一种仿真，但如今它闯出了自己的一片天地。

## 19.2 只有自然选择还不够

世界各地的一些自然学家对野生环境中的生命种群进化进行着长期的观察研究：其中包括塔希提岛的蜗牛，夏威夷的果蝇，加拉帕戈斯群岛的鸣禽，以及非洲的湖中鱼类。随着研究一年一年地进行下来，科学家们得以有更好地机会去清楚地证明，长期的进化一直在野外上演着。利用细菌和近来投入实验的面象虫开展的较短期研究，在实验室中显示出生物体短期进化的样态。迄今为止，这些通过活的生物种群进行的实验，其结果都与新达尔文主义理论所料想的相吻合。加拉帕戈斯群岛上鸣禽的喙确实会像达尔文所预言的那样，随着时间的推移，为应对干旱引起的食物供给变化而变粗变厚。

这些精心的测量证实了：自我管理的适应性变化确实会在自然界中自发出现。它们也明确证明：当那些微不足道却稳定的、针对“不适用”部分的清除工作越来越多时，它们的累积就能自然而然地表现出明显的变化。不过，实验结果却并未显示出有新层级的多样性或任何新物种，甚至也未能证实有新的复杂性涌现出来。



尽管我们仔细地查阅了历史记录，却未见有野外进化出新物种的记录。而且，最值得注意的是，人类在对动物的驯养过程中，也未见有任何新的物种出现。这其中包括，在对数亿代果蝇的研究中未见有新种果蝇出现，而人们为了诱发新果蝇物种的形成，已经有意对果蝇种群软硬兼施地添加了环境压力。在计算机仿真生命领域，“物种”这个词没有什么意义——除了最初的爆发之外，并未见瀑布飞泻式的联串全新种类出现。在野生环境、人工饲养环境以及人工生命环境里，我们都看到了变异的显现。但是，由于看不到更大的变化，我们也很清楚地意识到，产生变异的范围似乎很狭窄，而且往往被限定在同一物种内。

关于这种现象，标准的解释是，我们现在其实在用一个短得有点荒谬的极小的时间跨度来衡量一个发生在漫长地质时间中的事件，那么，我们还能指望看见什么？生命在发生巨变之前以类似于细菌的形态存在了数十亿年。请耐心点吧！这正是达尔文和其他生物学家转而求助于化石记录来为进化提供证明的原因。但是，尽管化石记录无可争辩地展示了达尔文更重要的论断——久而久之，性状变化会累积到后代的身上，它却未能证明这些变化可纯粹归功于自然选择，甚至没有证明变化应主要归功于自然选择。

因为，迄今为止，还没有人见证过化石记录或真正生命体，又或者计算机模拟人工生命中那确切的变化时刻——也就是自然选择机制激发其复杂性跃入新层次的那一时刻。邻近物种间似乎存在着某种可疑的屏障，不是阻挠了这种关键性变化的发生，就是把这种变化移出我们的视野。

史蒂文·杰·古尔德认为是进化那令人难以置信的瞬时性（在进化论的语境中）将确切的变化阶段从我们眼中的化石记录里移走了。不管他的理论正确与否，现有证据表明，存在某种自然的制约因素，阻碍了微小变化的延展，而进化必须设法克服这种制约。

人工合成的原生生命以及计算机模拟的人工进化，为我们带来了越来越多的惊喜。然而，人工生命跟它的表亲人工智能有着同样的弊病。就我所知，没有一种人工智能——不管是自动机、学习机、还是大型认知程序，能连续运行超过24个小时。一天一夜之后，这些人工智能就会停止运转。人工生命同样如此。绝大多数依靠计算运行的模拟生命，热闹了一阵子后，很快就归于沉寂。尽管有时候程序还在运行，搅活出一些微小的变化，但是，在首次高潮过后，它们的复杂性就没有跃升至新水平，也没有生成新的出人意料的东西（其中包括汤姆·雷设计的“地球”）。也许多给一些运行时间，它们能行。但是，不管什么原因，基于质朴的自然选择生成的计算机模拟生命并没有体验到自由进化的神奇，而自由进化正是它们的创造者和我所乐见而未见的。

正如法国进化学者比埃尔·格拉斯所说：“变异是一回事，进化则完全是另一回事。两者之间的差异，怎么强调都不会过分……变异提供了变化，但不是进步。”所以，尽管自然选择也许形成了微变（一些趋势性变异），却没人能担保它可以形成宏变，即向着日益发展的复杂性自由地创造出无法预料的新形态和进程。

即使人工进化仅仅是适应上的微变，本书所预言的那些人工进化前景也仍然会实现。自发自导的变异和选择机制是应对难题的强有力天才。在跨度小的时间段内，自然选择确实有效。我们可以利用它找到我们见不到的证据、填补我们无法想象的空白。问题归结到是否单靠随机变异和选择机制，就足以在很长的时期内持续地产生出新生事物来。另外，如果真的是“只有自然选择还不够”，那么在自然进化中，到底还有什么力量在发挥作用呢？我们还能在人工进化中引入一些什么才能令其产生出自组织的复杂性？

绝大多数自然选择的批评家都勉强承认达尔文的“适者生存”是正确的。自然选择主要意味着不适合者的毁灭。一旦有适合者产生，自

然选择去粗汰劣的势头就无可阻挡了。

但是，创造出有用的东西听来有点唬人。达尔文主义观点所忽视的，是对适合者产生的似是而非解释。在被选定之前，适合者又在哪里呢？按照当今新达尔文主义的通行解释，适合者归功于随机变异。染色体内的随机变异造成了发育成长的有机体的随机变异，而后者则不时地为整个有机体增加适合度。换句话说，适合者是随机产生的。

正如野外以及人工进化实验所表明的那样，这种简单的进程在较短的时间内能够引导协调变化。但是，倘若自然选择能够把那些不可胜数的失败尝试都清除出去而且有无限的时间，这种随机的变异能否产生出可供选择的由其所需胜出者组成的完整系列？达尔文主义理论肩负着重任，要证明消极的死亡选择制动力与随机的漫无目的混沌力量结合起来，能够产生出持续的、具有创造性的、积极的推动力，进一步迈向我们所见的、大自然历经亿万年而经久不衰的复杂性。

后达尔文主义提出，归根到底，进化过程中还存在别的作用力。这些权威的变化机制重组了生命让其达到新的适合度。这些看不见的动因扩展了生命信息库，也许那正是自然选择所掌管的信息库。深度进化不一定就比自然选择神秘多少。他们把每一种动态共生、定向变异、跳变论或者自组织理论都看做是一种机制，一种从长远来看，作为对达尔文那无情的选择过程的补充，能促使进化不断革新的机制。

## 19.3 生命之树上的连理枝

人们曾经认为，共生现象（两个有机体合而为一）只会发生在类似地衣这种比较孤立的奇特生物身上。自从林恩·玛格丽丝提出“细菌共生是祖细胞形成的核心事件”这一假设之后，生物学家们忽然发现，在微生物世界中，共生现象比比皆是。由于微生物生命是（而且一直

是)地球上所有生命形式中的主要部分,而且是盖亚假说的首要主力,因而广泛分布的微生物共生使共生无论是在过去还是现在都是一种基本行为。

按照传统的图景,一个种群在偶然形成某种新的稳定结构之前,会随着其日常行为中微小的、随机的、累进的变化而骚动不安,与此相反,玛格丽丝希望我们考虑的是两个正常运转的简单系统合并为一个更大、更复杂系统的意外现象。举例来说,由一个细胞系继承而来、负责运送氧气的经过验证的系统,可能和另一个细胞系中负责气体交换的现存系统紧密结合在一起。双方共生相联,就有可能形成一个呼吸系统,而这一发育过程未必是累进的。

玛格丽丝建议把她本人关于有核细胞共生本性的研究作为生物史的一个例子。这些涌现的细胞,无需历经十亿年的反复摸索来重新发明一种过程,将几种细菌分别完成的光合和呼吸作用巧妙地融合在一起。相反,这些已经形成了胞膜的细胞把细菌及其信息资产整合进自体,完全占有这些子体来为细胞母体工作。它们将细菌的发明据为己有。

在某些情况下,共生伴侣的基因株(碱基片断)会融合在一起。有人为这种共生关系所需的信息间合作提出一种机制,即著名的细胞间的基因转移。在野生环境的细菌之间,这种转移发生频率极高。一个系统的专有信息可以在不同的物种之间穿梭往返。新的细菌学认为,世界上所有的细菌就是一个单一的、在基因方面相互作用的超有机体,它在其成员之中以极快的速度吸收并且传播基因的革新成果。另外,物种间的基因转移也同样会(速度未知)在包括人类的较为复杂的物种之间发生。每种类型的物种都在持续地交换基因,通常由裸露病毒担任信使。病毒自身有时候也被纳入共生。许多生物学家认为人类DNA链中有大块大块的片断是插入的病毒。还有一些生物学家甚

至认为这是一个循环——人类很多疾病的病毒就是逃逸的人类DNA的乖戾部分。

如果这是真的，那么细胞所具有的这种共生本性，就能为我们提供不少的教益。首先，它为我们提供了一个实例：重大的进化改变减少了给个体生物的直接好处（因为个体消失了），这与达尔文主义教条相反。其次，它还提供了一个实例：进化的改变不是由细微渐进的差异累积而成的，这同样与达尔文主义教条相悖。

大规模的常规共生行为能促成自然界中很多复杂现象——那些看起来需要多种创新同时出现才能够达成的现象。它还会为进化提供另外一些便利条件；比如，共生行为可以只利用合作而不是竞争的力量。至少，合作能培育出一套独特的小生境以及一种竞争无法提供的多样性，比如地衣系统。换句话说，它通过对生物形式库进行扩充而释放出了进化空间的又一个维度。不仅如此，在恰当的时机稍稍进行一下共生协调，就能取代漫长的细微变化。处于交互关系中的进化过程可以跃过个体的上百万年反复试错的时间。

也许，没有共生，进化过程也可以直接获得有核细胞，但是要完成这个目标可能要再花上10亿年或者50亿年的时间。共生将散布在生命谱系中的各种经验和所得重新结合起来。生命之树在不断地开始散叶，向四面蔓生枝条。与此同时，共生又把这棵生命之树上分叉的枝条重新拢到一起使之相交。而融合了共生的进化，更像是一丛灌木而非一棵树——生命之丛。如果这幅图景大致无误的话，也许我们就应该重新思考自己的过去和未来了。

## 19.4 非随机突变的前提

自然选择是自然界冷酷的死神。达尔文大胆宣称：在进化的真正核心，许多被批量删除的无足轻重的部分——许多微不足道的任意死亡——仅从轻微的变化中获得一时的欢乐，却能以违反直观的方式，累积成真正新颖而有价值的产物。在传统选择理论的戏剧性事件中，死神出演了主角。它一心一意地削减着生命。它是一位编辑，但只会一个字：“不”。变异则轻易地通过衍生大量新生命来与死神这首单音符的葬曲相抗衡。变异也只会一个词：“可能”。变异制造出大量一次性的“可能”，死神则马上大量地摧毁这些“可能”。大部分平庸之才一现世，即被肆意妄为的死神打发回去。有时候，这种理论也会这样描述：二重奏蹦出一个音：“可以！”——于是海星留下了，肾脏细胞分裂出来了，莫扎特活下来了。从表面上看，由自然选择推动的进化仍然是个令人惊叹的假说。

死亡清除了那些无能者，为新生者腾出了位置。但如果说是死亡导致翅膀的形成、眼球的运作，那就犯了根本性的错误。自然选择只不过选掉了那些畸形的翅膀或者那些瞎了的眼睛。林恩·玛格丽丝说，“自然选择是编辑，而不是作者”。那么，又是什么，创造发明了飞行能力以及视觉能力呢？

关于进化过程中革新性成果最初起源的问题，自达尔文以来的进化理论交出的都是颇为黯淡的记录。正如达尔文著作的标题明确显示的那样，他希望解决的问题，是物种起源的大谜题，而不是个体起源的问题。他问：新的生命种类从何而来？但没有问：个体之间的变异从何而来？

遗传学一开始就是与众不同的独立科学领域，它确实关注过变异与创新的起源。早期的遗传学家，比如孟德尔、威廉·贝特森（格雷戈里·贝特森的父亲，正是他创造了“genetics”——遗传学这个词），为了解释差异何以在个体中产生以及变异如何传递给后代而孜孜以求。高尔顿爵士证明，从统计学的角度——在生物工程学出现之前，统计学

是遗传学的一个主流研究方法——可以认为种群内部变异的遗传出自某一随机的源头。

后来，科学家们在由4个符号编码而成的长链分子 [2] 里发现了遗传机制，这条长链的某个随机点上符号的随机翻转，很容易被想象为变异的一个原因，也很容易建立数学模型。这些分子的随机变动一般归因于宇宙射线或者某种热力学的扰动。从新的视角来看，曾经意味着严重畸形的怪模怪样的突变，只不过是一次偏离了平均变异的翻转而已。就在前不久，有机体身上所发生的所有性状变化——从雀斑到顎裂，都被看成是统计意义上的程度不一的变异误差。于是，变异就变成了突变，而“突变”又跟随机组合成不可分割的“随机突变”。如今，连“随机突变”这个术语看起来都有点多余。——除了随机突变，还会有其他类型的突变吗？

在计算机强化的人工进化实验中，突变是通过电子手段，也就是伪随机发生器生成的。但是，生物界的突变和变异起源的准确的事实真相仍不确定。我们确知的是：显然，变异不是由于随机突变而产生——至少不总是如此；在变异中其实存在着某种程度的秩序。这是一个古老的观念。早在1926年，斯马茨 [3] 就为这种遗传学上的半秩序起了个名字：内在选择。

关于这种“内在选择”，一个比较可信的描述是：允许宇宙射线在DNA编码中产生随机的错误，然后，某种已知的自我修复装置以一种区别对待（但是未知）的方式在细胞中纠正这些错误——纠正某些错误，同时放过另外一些错误。修正错误需要耗费大量的能量，所以，需要在纠正错误所需的能量消耗和变异可能带来的好处之间做一个衡量。如果错误发生在可能合时宜的地方，纠错机制就会让它留下，而如果它发生在会惹麻烦的地方，就会被纠正过来。举一个假设的例子：克雷布斯循环 [4] 是你体内每一个细胞的基本能量工厂。它运转良好已达数亿年的时间。所以，如果乱动它，就会得不偿失。这时，



如果身体侦测到克雷布斯循环的编码有一处发生了变异，它就会迅速将其排除掉。另一方面，身体的大小或者身体各部分的比例，也许值得好好调整；那么，不妨放手让变异在这方面折腾。如果内在选择就是这么工作的话，那么，有区别的变异就意味着，某些随机变异要比另外一些随机变异“更受优待”。不仅如此，这种调整的一个迷人结果是，调节装置本身的突变所能造成的大规模影响，将会远远超过发生在其监管的DNA分子链上的突变。稍后我还会再谈到这一点。

基因与基因之间存在着十分广泛的相互作用和相互调节的关系，因此，基因组形成了抗拒变化的复杂整体。因为基因大都是相互依赖的，其关系如此紧密——几乎交错锁合在一起，以至于变异不成其为一种选择，因而只在少数特定的领域中，才可能出现变异。正如进化论学者恩斯特·迈尔所说：“自由变异只在基因型的有限部分才能见到。”而这种遗传的整体性力量，从人类驯养动物的过程中可见一斑。饲养员通常会遇到这样的困窘：在挑选某一特定性状的过程中，会同时激活某些未知的基因，从而带来不太如意的副作用。不过，当放松了那些针对这一性状的环境压力之后，生物体的后继世代能够迅速地回复原本的特质，基因组仿佛是弹回到了原点。真正基因中的变异，与我们所想象的相去甚远。这种迹象表明，变异不仅是非随机的、范围有限的，而且根本就是很难获得的。

人们得到这样的印象：有一个高度灵活的基因官僚机构管理着其他基因的生活。最令人惊讶的是，所有生命，从果蝇到鲸鱼，都授权同一个基因管理局实行管理。比如说，在每一种脊椎动物体内，都能发现几乎完全相同的同源异形盒 [5] 自控序列（这是一段主开关基因，可以打开大段的其他基因）。

这种非随机变异的逻辑现在非常流行，当我发现居然找不到任何还持随机突变观点的主流学者时，一开始还真是大吃一惊。他们近乎一致地承认突变“并非真正随机”。这对他们来说，就意味着，（就我

的感觉而言），个体的突变也许并不那么随机——只属于近似随机或看似随机。不过，他们仍然相信，从统计意义上来说，如果时间拉得足够长的话，那么大量的突变会表现出一种随机的样子。林恩·玛格丽丝讽刺道：“哦，所谓随机，只不过是為无知找的一个借口而已。”

现如今，这种弱化的非随机突变看法已经引不起什么争论了，而另一种加强版才是富有刺激性的异端观点。这种观点认为，变异可以通过某种有意的、精心准备的方式来选择。与其说基因管理局仅仅对随机变异进行编辑，不如说它按一些计划表自己产生出变异。基因组为特定目的会创造出突变。定向突变可以刺激自然选择的盲目进程，把后者带出泥潭，将其推向越来越复杂的状态。在某种意义上，有机体会自编自导出突变以响应环境因素。多少有点讽刺的是，这种定向突变的强势看法在实验室里获得的证据，比弱化的非随机看法更多更过硬。

根据新达尔文主义的定律，环境，而且只有环境，能够对突变进行选择；而且，环境永远不能诱发或者指引突变。1988年，哈佛的遗传学家约翰·凯恩斯和他的同事们发表了大肠杆菌受环境影响诱发突变的证据。他们的断言颇为大胆：在某些特定的条件下，这种细菌会自发产生所需的突变来直接响应环境压力。不仅如此，凯恩斯居然敢这样结束他的论文：不管是什么导致了这种定向突变，“实际上，都提供了一种获得性遗传机制”——这简直就是赤裸裸的达尔文理论的对手拉马克的观点。

另外一位分子生物学家拜瑞·豪尔发表的研究结果，不仅证实了凯恩斯的断言，而且还补充了大自然中令人惊异的定向突变的证据。豪尔发现，他所培养的大肠杆菌不仅能产生所需的突变，而且其变异的速率，与按照随机理论统计得出的预期值相比，要高约一亿倍。不止如此，当他对这些突变细菌的基因测序并将其分离出来之后，发现只有那些有选择压力的领域发生了突变。这意味着，这些成功的小不点

们并不是绝望而拼命地打出所有的突变牌来找到起作用的那张；相反，他们精确地敲定了那种刚好符合需要的变化。豪尔发现，有一些定向变异很复杂，以至于需要同时在两个基因上发生突变。他把这称为“极小可能发生事件中的极不可能”。这些奇迹般的变化，不应该是自然选择下的一系列随机累积的结果。它们（定向突变）身上，带着某种设计的味道。

豪尔和凯恩斯都宣称已经细心地排除了对实验结果的其他可能解释，坚持认为细菌正在指导其自身的突变。不过，在他们能够阐明无知的细菌如何明白自己需要何种突变之前，其他分子遗传学家几乎都不准备放弃严谨的达尔文理论。

## 19.5 怪亦有道

自然界中的野生进化与计算机上的合成进化之间的差别就是：软件没有躯体。你用软盘将程序载入计算机是一个直截了当的过程。如果你（希望得到更好的结果而）更改了程序代码，那么只需运行它，就能看到结果。在代码是什么以及它要做些什么之间没有多余的东西，只有运行代码的计算机硬件。

生物就大不相同了。如果我们把一段假想的DNA当成软件代码，对它做一个改动，那么，在改动的结果能证明自己之前，必须先相应地发育出一个有机实体。动物由受精卵发育成产卵者，也许要耗费许多年才能够完成。因此，生物代码改动后显现的效果，可以依据发育阶段的不同而有不同的评判。当初做过相同改动的代码，会在成长中的极小的胚胎上产生一种效果，而在性成熟的生命体上（如果胚胎能存活到那一步）产生另一种效果。在生物体的每一个阶段，代码的变动及其终端效果（比如，更长的手指）之间，存在一系列受物理或化学变化控制的中间实体——酶、蛋白质和生命组织，它们也必然会间

接地受到代码改变的影响。这样一来就大大增加了变异的复杂度。运行程序的计算机是无法与之相比拟的。

你曾经只有句号那么大。时间不长，你就成了滚来滚去的一个多细胞球——很像池塘里的水藻。水流有力地冲刷着你。还记得吗？然后你长大了。你变成了海绵、变成了腔肠动物，全身就一根直肠子。吃就是你的生活内容。你渐渐长出了感觉外界的脊髓神经；慢慢添上了用以呼吸和咀嚼的腮颌。你又长出了用以游动和转向的尾巴。你不是鱼，而是一个扮演着鱼类胚胎角色的人类胚胎。你在每一个动物胚胎的幽灵中潜入潜出，重新扮演了为抵达终点而必须放弃的种种可能的角色。进化，就是对选择的屈从。要成长为新的物种，就要历经所有你不会再扮演的角色。

进化是善于创造的，也是保守的，总在凑合着用些现成的东西。生物极少会从头来过。过去是它的起点，而过去的点滴精华都凝结在生物体的发育过程中。当生物体开始它的发育时，它所做的数百万次妥协堵塞了它向其他方向进化的去路。没有躯体的进化是不受限制的进化。而有实体的进化则被受到诸多条件的约束，并且既有的成功阻止了其开倒车。不过，这些束缚也给予了进化一个立足之地。人工进化要想真的有所成就的话，也许同样需要依附一个躯体。

躯体成形之际，时间也就滴答开始了。沿着时间的维度，突变之花在一个生长的躯体中绽放。（这是迄今为止人工进化几乎没有的另一样东西：发育的时间）。改动胚胎的早期发育过程，实际上是对时间的大不敬。在胚胎发育过程中突变出现得越早，它对生物体的影响就越剧烈。这同时也削弱了那些用以对抗失败的约束。因此，发育过程中来得越早的突变，越不可能成功。换句话说，生物体越复杂，就越不可能出现早期变异。

发育早期的变异往往牵一发而动全身。一个恰到好处的变动能够激发或者抹去千百万年的进化成果。果蝇身上著名的触足突变就是一

个实例。这个单点突变搅乱了果蝇胚胎的足肢生成系统，在原本应该是触角的地方生出一条腿来。苦恼的果蝇出生时前额就会突出一只假肢——这都源自基因编码的一点小小改变，并随之触发了一系列的其他基因。任何一种怪物都能够通过这种方法孵化出来。这引发了发育生物学家们的好奇心：生物体身上的自我调控基因，是否能有目的地对基因做些改变，制造出有用的怪物来，这样不就绕过了达尔文那种渐进式的自然选择了吗？

不过，奇怪的是，看起来这些怪物似乎遵循着某种内在的规律。在我们看来，一头双头的小牛也许只是某种随机缺陷，其实并非如此。生物学家们研究这些特异性状时发现，同种类型的畸形会在许多物种中出现，而且其特异性状还能加以分类。比如说，独眼——这是在哺乳动物中相对常见的一种特异现象，包括天生独眼的人类；而有独眼这种异常现象的动物，不论是什么物种，鼻孔几乎总是长在它的眼睛上面。类似的，双头通常要比三头更为常见。无论是双头还是三头，都是没有什么优势的变异。既然这些怪物很少能生存下来，自然选择也就不可能在两者中有什么偏好。那么这种变异的指令必定来自于内部。

在19世纪初期及中叶，有一对法国父子组合——父亲圣提雷尔和儿子小圣提雷尔 [6]，为这些自然界中的怪物设计了一套分类体系。这套分类体系与物种的林奈分类系统相对应：每种畸变都被赋予纲、目、科、属甚至种。他们的工作为畸形学这门研究怪物的现代科学奠定了基础。圣提雷尔父子暗示，有序形态比自然选择要更广泛。

哈佛比较动物学博物馆的皮埃·阿博彻，是为畸形学在进化生物学中的重要性而奔走呐喊的当代代言人。他认为畸形学是一幅被忽视的描绘活生物体强劲内在自组织进程的蓝图。他声称：“对于一个发育过程来说，畸形学能为其潜在的种种可能提供一份详尽的资料。尽管要面对极强的负选择 [7]，畸形现象不但以一种有组织并离散的方式在

发生着，而且还展现出普遍性的变形规律。这些特性并不仅限于畸形学的范围，相反，他们是所有可持续发展系统的普遍性质。”

怪物们的这种有序内在——譬如从突变果蝇的前额上冒出来的发育完整的足，显示出一种深深潜伏着的内在力量，影响着有机体的外部形状。这种“内在论”与绝大多数适应论者所持的正统“外在论”截然不同。后者认为无处不在的选择才是塑造生物体外形的主要力量。而作为持反对意见的内在论者，阿博彻这样写道：

内在论基于这样一个重要假设：形态的多样性是由各参数值（比如扩散率、细胞粘着力等）的扰动所造成的，与此同时，生命体各组成部分之间相互作用的关系结构则保持恒定。在这个前提下，即使系统的参数值在发育过程中受到随机扰动——或者是遗传突变，或者是环境变化或人工操纵——系统也只会产生出某个有限的、离散的表型子集。也即是说，可能的形式集合是系统内在结构的表象。

因而，我们看到的双头怪物，其出现的原因也许就跟我们有对称生长的手臂一样；很有可能两者的出现都不归因于自然选择。恰恰相反，内部结构特别是染色体的内部结构，以及发育过程中所累积的形态改变，发挥着等同于或超出自然选择的作用，造成了生物组织的多样性。

## 19.6 化抽象为具象

在基因的进化过程中，基因所依附的那些实体扮演着某种不可思议的角色。在性活动中，两条染色体不是一丝不挂地重新结合，而是被包裹在一个巨大的卵细胞里面。这个塞得满满的卵细胞对于如何重

组基因拥有很大的话语权。蛋黄似的细胞里充满了各种蛋白因子和类激素介质，并且受其自身非染色体DNA [8] 的控制。当染色体基因开始分化的时候，卵细胞就会指导它们、控制它们、为它们确定方向，并精心策划宝宝的构造。毫不夸张地说，最终诞生的生物体在一定程度上受卵细胞的控制，并非由基因来完全掌控大局。而卵细胞的状态，会受到压力、年龄、营养状况等等因素的影响。（有一种观点认为高龄产妇的婴儿之所以更容易罹患唐氏综合症，就是因为两条控制生育缺陷的染色体在母体的卵细胞中相处了太多年 [9]，以致彼此纠缠在一起而造成的。）甚至在你还没出生之前——确切地说，是从受孕那一刻开始——你的遗传信息之外的各种力量就已经通过遗传的渠道在塑造你了。遗传信息并不独立于其物质载体而存在。生物体的这身皮囊正是在非遗传的细胞物质与遗传基因的双重作用下成型的——肉体与基因共存。进化理论，特别是进化遗传学，如果不能对繁杂的生物形态烂熟于心，就不可能充分理解进化；而人工进化也只有依附于实体，才有可能大行其道。

和绝大多数有核细胞一样，每一个生物卵细胞都会在染色体之外携带好几个DNA信息库。令正统理论最感困扰的事情在于，卵细胞有可能在内部DNA与染色体DNA之间不断交换编码信息。如果卵细胞的自身经历能够影响到内部DNA的形成，并经此传递到染色体DNA上的话，那它就违反了正统理论严格恪守的中心法则。该法则声称，在生物学意义上，信息只能从基因向细胞流动，反之则不行。也就是说，不存在从肉体（显型）到基因（基因型）的直接反馈。达尔文的批评者亚瑟·凯斯特勒指出：我们有理由怀疑中心法则这样的规则，因为“它会是生物进程中唯一不需要反馈的实例”。

躯体的成形过程对于人工进化的缔造者们来说有两个借鉴之处：第一，成熟机体的变异，受到胚胎期母体卵细胞环境的间接作用，以及遗传基因的直接作用。在这一过程中，一些非常规信息大有可能经由某些控制要素或细胞内DNA交换而从细胞（确切说是母体细胞）流



向基因。正如德国形态学家鲁伯特·雷德尔所说的，“新拉马克主义认为存在一种直接的反馈；而新达尔文主义则认为不存在这种反馈。两者皆错。真相介于两者之间。反馈是有的，但不是直接的。”间接反馈的一个主要环节发生在胚胎期的极早期阶段，就在基因化身为肉体的那几个小时内。

在这几个小时里，胚胎就是一个放大器。而这正是我们要学的第二课：微小的改变会在发育过程中被放大。躯体的形成就是以这种方式跳过了达尔文的渐进模式。这个观点是由伯克利的遗传学家理查德·高兹史密特提出的。他的非渐进进化观点在其一生中都被人们的嘲笑和嗤之以鼻。他的主要著作《进化的物质基础》（*A Material Basis of Evolution*，1940）——被当作是痴人说梦。直到20世纪70年代，史蒂文·杰·古尔德才重提他的观点并开始大力宣讲。高兹史密特著作的标题恰好与我想说明的主题相吻合：进化是物质与信息相互混合的过程，遗传逻辑不能违背其所栖身的物质世界的规律。（由此我们可以推衍出这样的观点：人工进化与自然进化会有所不同，原因就在于它运行在不同的基质上。）

高兹史密特究其潦倒的一生都在证明一件事情：仅仅将微进化（从红玫瑰到白玫瑰）推而广之是无法解释宏进化（从虫子到蛇）的。通过研究昆虫的发育他得出结论：进化过程是跳跃式前进的。发育早期的小变化会导致成熟期的大变化，从而诞生一个怪物。尽管多数极端变异都会夭折，但偶尔也会有些大的变化能融入整体，于是诞生某种“有前途”的怪物。这个有前途的怪物可能会长出一对完整的翅膀；而按照达尔文理论则需要有一种半翅的中间态。生物体也许能够一步到位实现最终形态，那些所谓中间形态的物种也许从未出现过。这种有前途怪物的出现，也能解释为什么化石中找不到过渡形态的物种。

高兹史密特还宣称，通过对发育时机做些小改动就能轻易地生成那些“有前途”的怪物。他发现某类“速率基因”能够控制生物体的局部生长和分化进程的时机。譬如，如果我们对控制着色速率的基因做一点手脚，就会产生一种色彩样式差异巨大的毛毛虫。正如他的拥护者古尔德所写：“胚胎早期的微小改变，经过生长过程的累积之后，会在成体身上产生巨大的差异.....如果我们不能通过发育速率中的微小变化来引发间断式变异的话，那么最重要的进化过渡根本就不可能完成。”

## 19.7 物以类聚

化石记录中明显缺失那些理应存在的中间物种。尽管造物论者为此沾沾自喜，但我们也必须正式这一事实。这种“化石断代”是达尔文理论的一个缺陷。他曾断言，将来当专业的进化论者探索了地球上更多区域之后，一定会填补上这块空白。遗憾的是这些空白依然如故。“化石断代”曾是古生物学家小圈子里的话题，如今已为所有进化论的学术权威所承认。进化古生物学家史蒂芬·斯坦利说：“在已知的化石记录中找不到任何一个通过渐进进化完成重大形态迁跃的例子，因而也就无法为渐进模式提供有力证据。”而作为一名古生物学专家，史蒂文·杰·古尔德则说道：

所有古生物学家都知道，化石记录中几乎找不到中间形态的物种；主要族群之间的变迁非常突兀.....绝大多数物种的化石都具有两个与渐进论相抵触的特征：

◎停滞不前。绝大多数物种活跃在地球上的那段时间内，都没有呈现出有指向性的改变。它们在化石记录中初现的样态，跟它们在化石记录中消亡时的样态，看起来几乎完全一样.....

◎突然出现。在任何一个地域，一个物种并不是通过自其祖先以来的稳步变化而出现的；它是一下子就出现的，而且一出现就“完全成形”。

在科学史学家们看来，达尔文影响最深远的论断在于指出，生命不同侧面所展现出来的巨大不同其实是一种幻象。那种先哲们一直以来教导的原则——龙生龙，凤生凤，老鼠生儿会打洞等，并不正确。圣经里说，生物“被按照各自的类型创造出来”；当时包括年轻的达尔文在内的绝大多数生物学家都认为，物种会以一种理想的方式保持自己的种属。物种决定一切，个体从属于物种。然而，豁然开朗的达尔文宣布：（1）个体具有显著的差异；（2）所有生命的个体之间都具有动态可塑性以及无限的延展性；所以（3）散布在种群中的众多个体才是最关键的。而树立在物种之间的屏障是虚幻的，不堪一击的。达尔文将物种间的差异转换到个体间的差异，从而消除了物种间的屏障。因而，生命是一个均匀分布的存在。

不过，对复杂系统特别是那些能够适应、学习和进化的复杂系统的研究，渐渐引起了人们的怀疑，怀疑达尔文的这个最具革命性的假设其实是错误的。生命在很大程度上是物以类聚的，只略具可塑性。物种要么存续，要么消亡。它们只会在最不思议且不确定的条件下才会转化成别的什么东西。总的来说，复杂的东西分属不同的类别，而这些类别会持续存在。类别的停滞不前才是正道：一个物种的典型存续时间在一百万到一千万年之间。

与生物体相似的事物——经济体、思维、生态群落，乃至国家，也会自然地分化成一些持续存在的丛簇。而人类的机构，如教会、部门、公司，会发现其自体成长要比进化容易得多。如果为了适应而必须偏离其本源太远的话，绝大多数机构都只能是死路一条。

“有机的”实体并非具有无限可塑性，因为通过一系列功能上的中间状态来改变复杂系统并非易事。一个复杂系统（比如斑马或公司）进化的方向和方式都极为有限，因为它是由许多子个体所组成的层级结构。而那些子个体又是由某些子子个体所构成的，进化空间同样有限。

因而，假如我们发现进化实际上是以量子阶跃的方式进行的话，也就没有什么好大惊小怪的了。生物体的既有组成部分，可以组合成这种或那种形态，但绝不能组成这两者之间的所有形态。整体所具有的层级架构的本质，阻碍了整体去到达理论上所有可能到达的状态。与此同时，整体所具有的这种层级结构，也赋予了它完成大规模迁跃的能力。因而，生物体在历史上就会呈现出从这个点跳至那个点的记录。这就是生物学中的跳变论（saltationism，这个词源于拉丁文 saltare，即“跳跃”之意），它在专业生物学家那里可不怎么受待见。随着人们对高兹史密特所提出的“有前途”怪物说的兴趣愈来愈浓厚，温和的跳变论重又焕发青春，但那种完全置过渡状态为不顾的跳变论到目前为止仍属异端。不过，复杂事物组成部分间的相互依赖和共同适应必然会产生量子式的进化。而人工进化迄今为止还未能有一副具备足够复杂层级架构的“有机体”，因而我们也就无从得知突变会以什么样的面目出现在合成世界中。

## 19.8 DNA并不能给所有东西编码

卵细胞的发育过程背负了太多传承下来的包袱，限制了其成体可能的多样性。总的来说，构成躯体的物质利用物理约束限定了躯体所能发育成的形态。大象不可能长着蚂蚁般的细腿。基因的物理本质也同样限定了动物所能形成的种类。每一段遗传信息都是一个蛋白质分

子，必须通过物理移动来传播。由于基因的这些物理约束，一些信息很难或者根本不可能在复杂的躯体里完成编码，DNA亦是如此。

基因具有独立于躯体的动态特性，对它们的产出物有生杀予夺之权。在基因组内，基因之间相互关联，以至于形成互锁现象：A以B为前提，B以C为前提，而C又以A为前提。这种内在联结形成了一股保守力量，迫使基因组保持不变状态——与它所产生的躯体无关。与复杂系统一样，基因组通过限制所允许的变化来对抗扰动，它所追求的是作为一个有凝聚力的统一体而留存下来。

当人工选择或者自然选择使某个基因型（比如说，一只鸽子的基因型）偏离了稳态而趋向自己的喜好（比如说，白色）时，基因组中的相互关联特性就会发挥作用，从而产生许多副效应（比如说，近视）。达尔文作为一名育鸽人，已经注意到了这点，并把这种现象称为“生长中神秘的相关法则”。新达尔文主义的元老恩斯特·迈尔声称：“就我所知，过去50年中进行的所有精细选择（繁育）实验中，没有一例未出现过讨人厌的副效应。”被传统群体遗传学依为基石的单点突变实际上非常罕见。基因通常身处复杂环境，并且其自身就是一个复杂适应系统，它有自己的智慧与惰性。这正是怪亦有道的原因所在。

基因组必须偏离其通常组合足够远，才能在外形上产生本质区别。当基因组被竞争压力拉出其正常轨道时，它必须在物质层面上重组它的关联模式，以维持稳定。用控制论的话来说就是，它必须使自己落在另一个具有整体性和内敛性并且内稳的吸引域 [\[10\]](#) 中。

生物体在问世之前，在直面竞争与生存的自然选择之前，就已经两度受制于其内部选择——一个是来自于基因组的内部约束，另一个则来自于躯体所遵循的法则。在生物体真正同自然选择打交道之前，它还面临来自第三个方面的内部选择。一个被基因接受并随后被躯体

接受的变化，还必须被种群接受。只发生在单体身上的变异，即使再出色，也必然随着单体的死亡而灰飞烟灭。除非包含变异的基因能够在整个种群中扩散开来。种群（或者同类群）具有自身的内敛性和整体性，并呈现出一种整体的涌现行为，恍若是一个庞大、内稳的系统——种群即个体。

任何跨越这些障碍而得以进化的新事物都足以令人惊叹。在《走向新的生物学哲学》<sup>[11]</sup>一书中，迈尔写道：“进化最艰难的壮举就是挣脱这种内敛性的束缚。这就是为什么在过去5亿年中只出现了很少的新物种；此外，99.999%的进化分支都已灭绝也很可能与此有关。这种内敛性阻碍了物种在环境突变时做出快速的响应。”在这个不断变化、共同进化的世界中，进化的停滞现象曾一度令人们非常困惑，如今终于有了一个像样的说法。

我之所以深入研究这些情况，是因为对生物进化的束缚也正是人工进化的希望所在。进化动力学中的每一个负面约束都可以从正面来看待。用来维持旧传统的束缚力可以用来创造新事物。将生物限制在自己的形态内，防止其随意漂移到其他形态的力量，也正是最初使生物成形的力量。基因内部的这种自强化特性使得它难以离开其稳定状态，就如同一条山谷，将各种随机因素拽入其中，直到它们找到可能的栖身之所。在数百万年中，基因组和躯体的多重稳定性维持着物种的向心状态，其作用超过了自然选择。而当某个物种奋力一跃，挣脱原有的稳定态时，同样的内敛性会诱使它进入一个新的内稳态——自然选择的影响依然微乎其微。乍一看这有些奇怪，但的确的确，束缚即创造。

正所谓“败也束缚，成也束缚”。在生物不同层面上涌现出来的内敛性而非自然选择，很可能正是那99.999%的生命形式得以起源的原因所在。我们还无法衡量束缚在形成生命上的作用——有些人称之为“自组织”，但它很可能是巨大的。

## 19.9 不确定的生物搜索空间密度

达尔文的《物种起源》写于一个多世纪之前，彼时第一台计算机尚未问世。而达尔文却在书中用计算机化的语言准确地描绘出一幅著名的进化图景：进化“每日每时都在筛查着整个世界，不放过哪怕是最微小的变异；它剔除劣质的变异，保留并累积优质的变异；它默默地、不为人知地做着这一切……”这不正是搜索形式库的算法么？这个所有可能生命的形式库，究竟是一个零星点缀着有效样本的巨大空间呢，还是一个拥挤之所？随机的进化脚步究竟有多大可能落在某处真实生命之上？在这个空间中，有效的生命形式究竟聚类到了何种程度？每个聚类之间又相隔多远呢？

如果可能的生命形式中密布着可行 [\[12\]](#) 存在，那么单凭运气的自然选择在搜索这个可能性空间时就会更容易些。一个充满可行解且能够通过随机方法进行搜索的空间为进化提供了无数随时间而展开的路径。但如果可行的生命形式非常稀疏且彼此相隔很远的话，单凭自然选择可能就无法到达新的生命形式。在可能的生物空间 [\[13\]](#) 中，能存活的生命体其分布可能非常之稀疏，以至于这个空间绝大部分都是空荡如也。在这个充满失败的空间里，可存活的生命形式可能聚集在一小片区域内，或是汇聚在几条蜿蜒穿行的路径上。

如果可行的生物体空间是非常稀疏的，那么进化无疑需要一些引导，以穿过空旷的荒野，从一片可存活生物的聚集区走到另一片聚集区。自然选择所奉行的试错方法，只会让你很快陷入不知身在何处的境地。

我们对现实的生命形式库中真正的生命分布几乎一无所知。也许这个分布非常稀疏，甚至只有一条可供穿行的路径——也就是眼下我们正走着的那条路径。或者，若干条小路可以汇聚成宽阔的高速公路，通往几处必经的关隘——譬如说，具有四肢、腔肠、五指等特点



的吸引子。又或者冥冥中自有天意，不论你从哪里起步，最终都会到达具有双对称性、分段四肢以及这样或那样智能的彼岸。究竟是哪种情况，我们尚不得而知。但如果人工智能能够取得进展的话，我们也许就会知道答案了。

人们正在借助一门新的科学——复杂性科学，而非生物学来对进化的本质规律提出有益的质疑。令生物学家们感到恼火的是，推动后达尔文主义理论形成的主要力量来自数学家、物理学家、计算机科学家，还有那些整体论者——而这些人根本就是四体不勤、五谷不分。对于那些执意要把复杂的自然现象简化成计算机模型、并且对最伟大的自然观察者达尔文毫无敬意之人，自然学家们除了不屑，还是不屑。

说到达尔文，他自己曾在《物种起源》第三版中这样提醒读者：

最近我的结论被多次错误地表述，并且有一种说法认为我将物种变化完全归因于自然选择。请允许我再次重申，自本书的第一版起，我就在最显眼的位置，也就是绪论的结尾处，写道：“我确信自然选择是物种变化的主要途径，但并非唯一途径。”这句话显然没有起到应有的作用。断章取义的力量还真是强大啊！

新达尔文主义描述了一个凭借自然选择进行进化的精彩故事，一个精心编织的故事，其逻辑简直让人无从辩驳：既然自然选择能够从逻辑上创造所有的物种，那么所有的物种就都是自然选择创造的。如果我们只能就地球上的一种生命模式来争论这个问题的话，就不得不接受这个宽泛的解释，除非有不可辩驳的证据来证伪。

我们至今尚无这样的证据。我在此所叙述的种种——共生、定向变异、跳变、自组织，都还远称不上有什么结论。但它们确实表明了一点：在自然选择之外，进化还有许多其他因素。进一步说，一个大

胆而富于冒险精神的蓝图正从这些问题和碎片中呼之欲出——开展生物学之外的人工合成进化。

当我们试着将进化从历史移植到人工介质中时，进化的内在本质就暴露在我们眼前。计算机中运行的人工进化已经通过了新达尔文主义的第一个考验。它显示，自发的自我选择能够作为一种适应的手段，也能产生某些原发的创新。

## 19.10 自然选择之数学原理

要想让人工进化具有和自然进化同等的创造力，我们则须要么为其提供我们所无法提供的无限时间，要么借鉴自然进化更具创造力的因素（如果有的话）来提升它。不过至少，人工进化可以帮助我们阐释地球上生命进化的真正特点；而无论是现有的观察还是历史的化石，都无法做到这一点。

我根本不担心进化理论可能会由那些没有生物学学位的后达尔文主义者所接管。人工进化早已教给我们重要一课——进化不是一个生物过程。它整合了技术的、数学的、信息的和生物学的过程。几乎可以说，进化是一条物理法则，适用于所有的群体，不管它们有没有基因。

达尔文的自然选择说中最不能让人接受的部分就是它的必然性。自然选择的条件非常特殊，但这些条件一旦满足，自然选择就会无可避免地发生！

自然选择只能发生在种群或者群集的事物中间。这实际上是一种发生在空间和时间中的乱众现象。这一进程所涉及的种群必定具有以下特点：（1）个体间存在某种特性上的变化；（2）这些特性对个体

的生育率、繁殖力或者存活能力带来某些差异；（3）这些特性能够从亲代以某种方式传递给子代。如果具备了这些条件，自然选择就必然会出现，就像6之后必是7，或者硬币必然有正反两面一样。正如进化理论家约翰·恩德尔所说：“自然选择也许不该被称为生物学定律。它发生的原因不是生物学，而是概率论。”

但自然选择并不是进化，进化也不等同于自然选择。正如算术不是数学，数学也不等同于算术一样。当然，你可以声称数学其实就是加法的组合。减法是加法的逆运算，乘法是连续的加法，而所有基于这些运算的复杂函数都只是加法的扩展。这与新达尔文主义者的逻辑有些相似：所有的进化都是对自然选择组合的扩展。虽说这有一点点道理，但它阻绝了我们对更为复杂事物的理解和接受。乘法确实就是某种连加运算，但从这种快捷运算中涌现出了全新的力量，如果我们只把乘法看成是加法的重复，就永远也不可能掌握这种力量。只满足于加法，你就永远得不到 $E=mc^2$ 。

我相信存在一种生命的数学。自然选择也许就是这种数学中的加法。要想充分解释生命的起源、复杂性的趋势以及智能的产生，不仅仅需要加法，还需要一门丰富的数学，由各种互为基础的复杂函数所组成。它需要更为深入的进化。单凭自然选择是远远不够的。要想大有作为，就必须融入更富创造力和生产力的过程。除去自然选择，它必须有更多的手段。

后达尔文主义者已经证明，由一个维度上的自然选择推进的单一进化是不存在的。进化应该是既有宽度，又有纵深的。深度进化是多种进化的聚合，是一位多面的神祇，一位千臂的造物主，他的造物方法多种多样，自然选择也许只是其中最普适的一个方法。深度进化正是由这许许多多尚未明了的进化所构成，就好像我们的心智是一个兼收并蓄的社会一样。不同的进化在不同的尺度上、以不同的节律、用不同的风格运行着。此外，这种混合的进化随着时间的推移而改变。某

些类型的进化对于早期的原型生命来说很重要，另一些则在40亿年后的今天承担着更重要的责任。某种进化（自然选择）会出现在每一处地方，其他进化则可能只是偶尔一见、起着特定的作用。这种多元化的深度进化，犹如智能，是从某种动态群落中涌现出来的。

当我们构建人工进化来繁育机器或者软件时，也要考虑到进化的这种异质特性。我期待着在具有开放性和可持续创造力的人工进化中看到以下特性（我相信生物进化中也存在着这些特性，但是人工进化会将这些特性表现得更显著）：

◎共生——便捷的信息交换以允许不同的进化路径汇聚在一起

◎定向变异——非随机变异以及与环境直接交流和互换机制

◎跳变——功能聚类、控制的层级结构、组成部分的模块化，以及同时改变许多特性的适应过程

◎自组织——偏向于某种特定形态（譬如四轮）并使之成为普遍标准的发展过程

人工进化不能创造一切。虽然我们能够细致无遗地想象出很多东西——而且按照物理和逻辑法则来判断它们也一定能够运转，但由于合成进化自身的束缚，我们无法真的将其实现。

那些整天带着计算机的后达尔文主义者们下意识地问道：进化的极限在哪里？什么是进化做不到的？有机体进化的极限也许无法突破，但它的倾向和力所不逮之处却可能藏有为致力于进化研究的天才们所准备的答案。在可能的生物这片原野上，哪儿还有未被占据的黑洞呢？对此我也只能引述阿博彻那个怪人的话，他说：“我更关心那些空白的地方，那些能想象得到却实现不了的形态。”用列万廷的话说就是：“进化不能产生所有的东西，但可以解释某些东西。”

---

[1] 盲眼钟表匠：现代生物学中流行的一个隐喻，“钟表匠”比喻“进化机制”，“盲眼”则凸显了进化的两个特点：基因随机变异以及进化无法预知方向，又暗指“不需假定有个深思熟虑的创世主就能解释生命世界的繁复与瑰丽”。（理查德·道金斯，《盲眼钟表匠》）

[2] 由4个符号编码而成的长链分子：这里指DNA，DNA分子由4种碱基排列而成。

[3] 斯马茨（J.C.Smuts, 1870~1950）：南非政治家、生物学家。1926年发表《整体论与进化》，提出进化的整体论解释。

[4] 克雷布斯循环（Krebs Cycle）：生物化学家克雷布斯（Hans Adolf Krebs）于1937年发现的一种代谢，普遍存在于需氧生物体中，又称为三羧循环或柠檬酸循环。糖类、脂肪和氨基酸会在这种代谢中产生出ATP（三磷酸腺苷），为细胞提供能量。对于真核生物来说（比如人类），这一过程发生在线粒体中。

[5] 同源异形盒（Homeobox）：也称同位序列，是引导动物生长发育的一段基因，最初是由爱德华·刘易斯等人在对果蝇的研究中发现的。其作用是在胚胎发育的时候赋予身体前后不同部位的细胞以空间特异性，这样把不同部位分化出来，在正确的位置发育出正确形态的器官。

[6] 圣提雷尔（Etienne Saint Hilaire, 1772~1844）和小圣提雷尔（Isidore Geoffroy Saint Hilaire, 1805~1861）：圣提雷尔是法国博物学家，拉马克的同事。他捍卫并发展了拉马克进化论，并认为所有生物都有内在的一致性。小圣提雷尔是法国动物学家，早年曾对数学感兴趣，但最终投身于自然史和医学，曾担任他父亲的助手。他提出了“动物行为学”（ethology）的概念，并在1832年到1837年间发表了开创性的著作《畸形学》（Teratology）。

[7] 负选择（Negative Selection）：也称否定选择，指自然选择过程中淘汰有害个体的倾向，因此也叫“净化选择”（Purifying Selection）。

[8] 非染色体DNA（nonchromosomal DNA）：存在于细胞质内的DNA，比如线粒体DNA、叶绿体DNA、细胞质粒DNA等。

[9] 女性一生所有的卵细胞都是在出生时就准备好了的，以后会不断减少。刚出生的女婴有不到100万个卵细胞，到初潮时只有约25万个了，到绝经为止女性一生所能排出的卵子总数只有不到500个。

[10] 吸引域（Basin of Attraction）：系统空间中某些点的集合。当系统以这个集合中的点为起始点时，可以动态地收敛（或进化）到某个特定的吸引子（即稳态）。

[11] 《走向新的生物学哲学》：Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist, Ernst Mayr, Harvard University Press, 1989.

[12] 可行（feasible）：数学规划中的术语，指符合约束条件的问题解。

[13] 可能的生物空间：这一段提到了两个只有一字之差的空间：“可能的生物空间”与“可能的生命空间”。前者是后者的一个子空间。在可能的生命空间中，可行的生命形式可能非常

密集，这取决于我们如何定义生命，包括人工生命等；而可能的生物空间中，可行的生物形式可能非常稀疏，因为可行的生物必须能够在自然环境中生存。举个不恰当的类比，就好比整数集合与实数集合一样。

## 第二十章 沉睡的蝴蝶

### 20.1 无序之有序

我们头脑中的某些想法是基于重重事实，而另一些想法则毫无来由和根据，但就是这些想法，往往萦绕我们心头，无法挥之而去。

反混沌 [\[1\]](#)——也即无序之有序——的想法就是这样一种未经证实的念头。

30年前，当斯图亚特·考夫曼还是一名达特茅斯学院的医科研究生时，这个念头攫住了他。他记得当时他站在书店的玻璃窗前，正就染色体的结构设计而浮想联翩。考夫曼是个健壮的小伙子，一头卷发，总是带着微笑，整天忙忙叨叨的。他看着窗外，脑海中浮现出一本书——一本印有他的名字的书，一本他完成于未来某个时刻的书。

在他的想象中，书中到处都是由相互连接的箭头所组成的网络，箭头们在纠结成一团却又仿佛是活的乱麻中进进出出。这正是网络的标志。不过，这种混乱并非没有秩序。乱麻透漏出神秘甚至是神奇的气息，“意义”沿着各条线路流动传递。从这些“隐晦”的连接中，考夫曼看到一幅涌现出来的图像，就像从立体派油画那支离破碎的画面中识别出一张脸来一样。

作为一名研究细胞发育的医学生，考夫曼把他想象中的那些缠结的线段看作是基因之间的相互联系。突然之间，考夫曼确定无疑地意识到，在这看似杂乱无章的混乱之中有着意料之外的秩序——有机体



的架构正蕴含其中。混沌会毫无理由地产生秩序，或者名之为无序之有序。那些由点和箭头所形成的复杂度似乎能产生自发的秩序。这个想法对考夫曼来说是如此亲切和自然，仿佛就是他的归宿一般。而他的任务就是解释和证明它。“我不清楚为什么会选这个问题，会走这条艰难的路，”他说，但它的确成了“一种心底的感觉，一幅坚信的图景”。

为了证实他的猜想，考夫曼开始进行细胞发育的学术研究。像许多生物学家一样，他研究了果蝇由受精卵发育到成熟的过程。生物最初的单个卵细胞是如何设法一分二、二分四、四分八地分化成新的类别的细胞？哺乳动物的卵细胞会繁育出肠细胞，脑细胞，毛发细胞；而这些术业有专攻的细胞很可能运行着同样的操作系统。只需几代的分裂，一个细胞就能分裂出所有类型的细胞，不管它是大象还是橡树。人体的卵细胞仅仅需要分裂50次，就能产生出上千亿的细胞，并发育成婴儿。

当卵细胞沿着分叉50次的道路前行时，是什么样的无形之手在控制着每个细胞的命运，指引它们从同一个卵细胞分化成数百种专门的细胞呢？既然每个细胞理应都受到相同基因（或许并不真的相同）的驱策，那么它们又怎么可能分化呢？基因又是由什么来控制的？

弗朗索瓦·雅各布和雅克·莫诺于1961年发现了一条重要线索，他们偶然间发现了一种基因，并称之为调控基因。调控基因的功用令人震惊：它负责开启其他基因。这使得那种短期内破解DNA和生命奥秘的希望顷刻间化为乌有。有一段经典的控制论对话非常适用于调控基因：是什么控制了基因？是其他基因！那又是什么在控制那些基因？还是其他基因！那.....

这种绕圈子的逻辑使考夫曼想起了他那幅宿命的图景。某些基因控制着其他基因，而其他基因也可能控制着另外一些基因。这正是他存想的那本书中，由指向各个方向的箭头所组成的错综复杂的网络。

雅各布和莫诺的调控基因代表了一种如意大利面一般的管理模式——由基因组成的去中心化网络掌控着细胞网络的命运。考夫曼很是兴奋。他的“无序之有序”图景让他冒出了一个更大胆的念头：每个卵所经历的分化（秩序）是必然的，不管最初的基因到底是什么！

他可以设想一种实验来验证这个想法。将果蝇的基因用随机基因来取代。他打赌：你得到的绝不会是果蝇。但不管得到什么样的怪物，发生何种诡异的变异，你所得到的秩序与果蝇在自然态下得到的秩序并无二致。“我问自己”，考夫曼回忆道，“如果把基因随意地连在一起，会得到任何有用的东西吗？”他的直觉告诉他，凭着自下而上的分布式控制以及“一切连接一切”的模式，必然会出现某种模式。必然！正是这个异端的想法，值得他用一生去追寻。

“我在医学院的日子很难熬，”考夫曼继续说道，“因为我不务正业，没有去研究什么解剖学，反而在这些笔记本中涂鸦似地画满了染色体模型。”为了证明他的想法，考夫曼做出了一个明智的决定，与其在实验室中逆天而行，不如在电脑中建立数学模型。不幸的是，没有一个学数学的人同时具备跟踪大规模群体的横向因果关系的能力。考夫曼开始自力更生。与此同时（大约1970年），在其他几个研究领域中，那些擅于用数学解决问题的人们（如约翰·霍兰德）找到了一些方法，使得他们可以通过仿真来观察由相互作用的节点（这些节点的取值同时受到彼此的影响）所产生的效应。

## 20.2 反直觉的网络数学

考夫曼、霍兰德和其他人发明的这套数学还没有合适的名字，我在这儿叫它“网络数学”。其中的一些方法有各式各样的非正式名称：并行分布式处理、布尔网络、神经网络、自旋玻璃、细胞自动机、分类系统、遗传算法、群计算，等等。不管是哪一种网络数学，由数千

个相互作用的函数所形成的横向因果关系都是其共同要素。它们都试图协调大量同时发生的事件——那种在真实世界中无处不在的非线性事件。网络数学与古典牛顿数学是相对的。牛顿数学适用于大多数物理问题，因而曾被看作是严谨的科学家所需要的唯一数学。而网络数学离了计算机则一无用处。

群系统和网络数学的广泛多样性让考夫曼很想知道这种奇特的群体逻辑——他确信它会产生必然的秩序——是不是一种更普遍而非特殊的逻辑。譬如说，研究磁性材料的物理学家遇到了一个棘手问题：构成普通铁磁体——那种可以吸在冰箱门上或用在指南针中的磁铁——的微粒会着了魔似的指向同一个方向，从而形成显著的磁场。而弱磁性的“自旋玻璃”<sup>[2]</sup>其内部微粒更像是“墙头草”，其指向会受到附近微粒的影响。临近的微粒影响力大，相隔较远的微粒影响力小。这个网络中相互影响、头尾相衔的一个个磁场，构成了考夫曼头脑中那幅熟悉的画面。自旋玻璃的这种非线性行为可以用各种网络数学方法来建模，后来在其他的群体模式中也发现了这种非线性行为。考夫曼确信，基因的环路在架构上与此类似。

网络数学不像古典数学，它所具有的特性往往不符合人们的直觉。一般来讲，在相互作用的群集中，输入的微小变化可以引起输出的巨大变化。这就是蝴蝶效应——效果与起因并不成比例。

即使是最简单的方程，只要它将中间结果反馈到输入，那么其输出就是变化莫测的。仅靠研究方程本身很难一窥其特性。各部分间的关联纠缠成一团，试图用数学来描述清楚的话无异于给自己添堵。要想知道方程能产生什么效果的话，唯一的方法就是让方程运行起来，或者用计算机的行话，就是“执行”方程。植物种子的压缩方式也是如此。蕴含其中的化学路径如此错综复杂，以至于无论以多么智慧的方式来检验一粒未知的种子，也不能预测出最终的植物形式。要想知道一粒种子长成什么样，最便捷的途径就是让它发芽生长。

而方程则是在电脑中生根发芽的。考夫曼设计了一种能在普通电脑上运行的基因模型，其中包含一万个基因，每个基因都是能够开启或关闭其他基因的微小代码段。基因间的关联是随机设置的。

考夫曼的观点是：不管基因的任务是什么，如此复杂的网络拓扑都能产生秩序——自发的秩序！

当考夫曼研究模拟基因时，他意识到他所做的是在为任意一种群系统构建通用的基因模型。他的程序可以为任何一群在大规模并发领域中互相影响的介子们建模。它们可以是细胞、基因、企业、黑箱系统，也可以是一些简单的规则——只要这些介子有输入和输出并且其输出又作为临近介子的输入即可。

考夫曼将这一大群节点随机地联接起来，形成一个互动的网络。他让它们彼此作用，并记录下它们的行为。他把网络中的每个节点看作是一个开关，可以开启或关闭周边的某些特定节点。而周边节点又可以反过来作用于该节点。最终，这种“甲触发乙，乙又触发甲”的混乱局面趋于一个稳定且可测量的状态。随后，考夫曼再次随机重置整个网络的联结关系，让节点们再次相互作用，直到它们都安定下来。如此重复多次，直到他认为已经“踏遍”了这个可能随机联结空间的每一寸土地。由此他可以获知网络的一般行为，这种行为与网络的内容无关。用现实中的事物来做个类比实验的话，可以选一万家企业，将每家企业的员工用电话网络随机联系起来，然后考量这一万个网络的平均效果，而不管人们到底在电话中说了什么。

在对这些通用的互动网络进行了数以万计的实验后，考夫曼对它们有了足够了解，可以描绘出这类群系统在特定环境下如何表现的大致情形。他尤其想了解一个一般的染色体会有哪些类型的行为。为此他编写了成千上万个随机组合的基因系统，并在电脑上运行它们——基因们变化着，彼此影响着。他发现它们落在了几种行为“盆地”中。

当水从花园水管中低速流出时，水流并不平稳，但连绵不断。开大龙头，水会突然喷射出来，形成混乱但尚可描述的急流。将龙头完全打开，水流则会像河水一般奔涌出来。小心翼翼地调节龙头，使它处于两种速度之间，但水流却不会停留在中间模式上，而是迅速地转向一种或另一种模式，仿佛两边的模式对它有吸引力一样。正如落在大陆分水岭上的一滴雨水，最终一定会流入太平洋或大西洋。

系统的动态过程迟早会进入某个“盆地”，该“盆地”可以捕获周边的运动态，使之进入一个持久态。考夫曼认为，随机组合系统会找到通往某个盆地的道路，也即是混沌之中会涌现出无序之有序。

考夫曼进行了无数次的基因仿真实验，他发现，系统中的基因数（平方根）与这些基因最终所进入的“盆地”数之间存在大致的比率关系。生物细胞中的基因数与这些基因所产生的细胞种类数（肝细胞、血细胞、脑细胞）之间也存在相同的关系。所有生物的这个比率大体恒定。

考夫曼宣称，这一比率对许多物种都适用这一事实表明，细胞种类的数量实质上由细胞结构本身决定。那么，身体内细胞种类的数量就可能与自然选择没太大关系，而与描述基因互动现象的数学有关。考夫曼兴奋地想，还有多少其他生物学上的表象也与自然选择没太大关系呢？

他直觉地认为，可以通过实验来寻求这个问题的答案。不过，他首先需要一种能够随机构造生命的方法。他决定对生命的起源进行仿真。首先生成所有生命诞生前的“元件”，然后让这些元件汇聚在一个虚拟“池”中，相互作用。如果这锅“原汤”能够必然产生秩序的话，那他就有了一個例证。这其中的诀窍是让分子们都来玩一个名为“迭坐”的游戏。

## 20.3 迭坐，喷涌，自催化

十年前“迭坐”游戏风行一时。这个引人入胜的户外游戏充分展示了合作的力量。游戏主持人让25个或更多的人紧挨着站成一圈，每个参与者盯着他前面那个人的后脑勺。想象一下排队等着买电影票的人吧，把他们连成一个整齐的圈就好了。

主持人一声令下，一圈人立刻曲膝坐到后面朋友的膝盖上。如果大家动作协调一致，这圈人坐下时就形成了一个自支撑的椅子。如果有一个人失误，整个圈子就崩溃了。“迭坐”游戏的世界记录是几百人同时稳稳地坐到后面的“椅子”上。

自催化系统与衔尾蛇很像“迭坐”游戏。化合物（或函数）A在化合物（或函数）C的帮助下合成了化合物（或函数）B。而C自己是由A和D生成的。D又是由E和C产生的，诸如此类。无他则无我。换句话说，某种化合物或功能得以长期存在的唯一途径，就是成为另一种化合物或功能的产物。在这个循环世界里，所有的原因都是结果，就像所有的膝盖都是别人的“椅子”一样。与我们通常的认识相反，一切实体的存在都取决于其他实体的共同存在。

“迭坐”游戏证明了循环因果关系并非不可能。我们这一身臭皮囊也正是由套套逻辑所支撑的。套套逻辑是真实存在的，它实际上是稳定系统的一个基本要素。

认知哲学家道格拉斯·霍夫施塔特把这些矛盾的回路称为“怪圈”，并举了两个例子：巴赫的卡农轮唱曲里似乎不断拔高的音符，以及埃舍尔画笔下无限上升的台阶。他把著名的克里特岛撒谎者悖论以及哥德尔 [3] 关于不可证明的数学定理的证明也算在“怪圈”里。霍夫施塔特在其著作《哥德尔、埃舍尔和巴赫》中写道：“当我们在某个层级系统

的不同层级间向上（或向下）移动时，却意外地发现自己又回到原来待过的地方，这就是‘怪圈’。”

生命和进化必然会陷入循环因果的怪圈，它们在基本面上具有套套逻辑。缺少了这种根本的循环因果逻辑矛盾，也就不可能有生命和开放的进化。在诸如生命、进化和意识这类复杂的过程中，主因似乎在不断地迁移，就好像埃舍尔所描绘的光学错觉。人类在试图构建像我们一样复杂的系统时遇到的问题之一就是，过去我们一直坚持一定程度上的逻辑一致性，也即如钟表般的精确逻辑，而这阻碍了自主事件的涌现。正如数学家哥德尔所阐明的，矛盾是任何自维持系统所固有的特性——即便组成该系统的各部分都是一致的。

哥德尔在1931年提出的理论中阐明，企图消除自吞噬的圈子是徒劳无益的，究其原因，霍夫施塔特则指出，“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。在“局部”层面上审视时，每个部分好像都是合法的；只有当合法的部分形成一个整体时，矛盾才会出现。

1991年，年轻的意大利科学家沃尔特·方塔纳从数学上论证了函数A生成函数B，B再产生C这样的线性序列可以容易地构成类似闭环控制系统的自生成环，因而最后的函数与最初的函数同为结果的生成者。考夫曼第一次看到方塔纳的工作时，就被它的美所倾倒。“你一定会爱上它！函数之间彼此生成。它们自所有函数所形成的空间中来，在创造的怀抱中手牵着手！”考夫曼把这种自催化系统叫作“卵”。他说，“一个卵就是一套规则，它拥有这样的特性：它们所生成的规则也正是创造它们的规则。这一点也不荒谬。”

要获得卵，首先要有一大“池”不同的介子。它们可以是各种各样的蛋白质碎片，也可以是计算机代码片断。如果让它们在足够长的时间内互相作用，就会形成“一种物体产生另一种物体”的小闭环。最终，如果时间和空间允许的话，系统中由这些局部闭环形成的网络会蔓延开来，并逐渐致密起来，直至环路中的每个生产者都是另一个生



产者的产品，直至每个环路都融入其他环路，形成规模庞大的并行且相互关联的网络。这时，催化反应停止，网络突然进入一个稳态游戏——系统坐在自己的膝头上，始端倚在末端，末端亦倚在始端。

考夫曼声称，生命就是在这种“聚合体作用于聚合体形成新的聚合体”的“汤”中开始的。他通过“符号串作用于符号串产生新的符号串”的实验，论证了这种逻辑的理论可行性。他假设蛋白质碎片与计算机代码片断在逻辑上是等同的，并把“代码产生代码”的数字网络视作蛋白质模型。当他运行这个模型时，便得到了如同“迭坐”游戏一般的自催化系统：它们没有开始，没有中心，也没有结束。

生命是作为一个完整的整体而突然冒出来的，就像晶体突然从过饱和溶液中显露出其最终（尽管微小）的形式一样：没有从浑浊的半晶体开始，也没有呈现为半物化的幽灵，而是突然地、一下子就成为了整体，就像“迭坐”游戏中，200个人突然坐成一圈一样。“生命是完整的、综合的，不是支离破碎的，也不是无组织的。”斯图尔特·考夫曼写道，“生命，从深层意义上来说，是结晶而成的。”

他继续道，“我希望证明，自复制和动态平衡这些生物体的基本特征是高分子化学固有的集体表达式。我们可以预计，任何足够复杂的一组催化聚合体在一起都能形成自催化反应。”这里，考夫曼再次暗示了那个必然性的概念：“如果我的模型是正确的话，那么宇宙中生命的路径就是一条条宽敞大道，而不是迂回曲折的窄巷。”换句话说，在现有的化学环境中，“生命是必然的”。

## 20.4 值得一问的问题

考夫曼曾经对一群科学家表示：“我们已经习惯于处理数以十亿计的事情！”任何事物聚集成群都会与原来有所不同：聚合体越多，由一

个聚合体触发另一个聚合体这样的相互作用就会呈指数级增长。在某个点上，不断增加的多样性和聚合体数量就会达到一个临界值，从而使系统中一定数量的聚合体瞬间形成一个自发的环，一个自生成、自支持、自转化的化学网络。只要有能量流入，网络就会处于活跃状态，这个环就不会垮掉。

代码、化学物质或者发明，能在适当的环境下产生新的代码、化学物质或发明。很显然，这是生命的模式。一个生物体产生新的生物体，新的生物体再接着创造更新的生物体。一个小发明（晶体管）产生了其他发明（计算机），它（计算机）又产生了更新的其他发明（虚拟现实）。考夫曼想从数学上把这个过程概括为：函数产生新的函数，新的函数再生出其他更新的函数。

“五年前，”考夫曼回忆道，“我和布赖恩·古德温 [进化生物学家] 坐在意大利北部某个第一次世界大战的掩体中，在暴风雨中谈论着自催化系统。那时我就有了一个深刻的体会：达尔文所说的物竞天择和亚当·斯密提出的国富论何其相似。二者都有一双无形之手。但是在看到沃尔特·方塔纳关于自催化系统的工作之前，我一直都不知道该如何深入地把研究进行下去。方塔纳的工作实在是太漂亮了。”

我跟考夫曼提到了一个有争议的想法：在任何社会中，只要交流和信息连接的强度适中，民主就必然会出现。在思想自由流动并产生新思想的地方，政治组织会最终走向民主这个必然的、自组织的强大吸引子。考夫曼同意这个想法：“在1958年或1959年左右，我还是大二学生。当时我就投入极大的热情和精力写了篇哲学论文。我想搞清楚民主为什么会行得通。很明显，民主并不是因为它是多数人的规则才行得通。如今，33年过去了，我认识到，民主是允许相冲突的少数族群之间达成相对流畅的妥协的机制。它避免了族群们陷入局部有利但全局不利的解决方案。”

不难想象，考夫曼的布尔逻辑网络和随机基因组正是对市府乃至州府运作方式的映射。通过地方层级上持续不断的微小冲突和微小变革，避免了大规模的宏观和全面革命，而整个系统既不会一片混乱，也不会停滞不前。当不断的变革落实在小城镇上时，国家则保持了良好的稳定——而这又为小城镇处于不停寻求折衷的状态创造了环境。这种循环支持是另一个“迭坐”游戏，也表明这样的系统在动态上与自支持的活系统相似。

“这只是一种直觉，”考夫曼提醒我道，“你会有你的体会——从方塔纳的‘字符串生成字符串生成字符串’，到‘发明产生发明产生发明’，再到文化进化，然后到国富论。”考夫曼毫不隐瞒他的野心：“我在寻找一幅自洽的图景，可以将所有的事物联系起来：从生命起源到基因调控系统中自发秩序的涌现，到可适应系统的出现，到生物体间最优折衷方案的非均衡价格的确立，再到类似热力学第二定律的未知规律。这是幅万象归一的画面。我真的觉得就是这样。而我现在致力于解决的问题则是：我们能否证明有限的函数集合可以产生无限的可能性集合？”

我叫它为“考夫曼机”。一个精心挑选的不大的函数集合，连接成一个自生成环，并产生出无限更复杂的函数。自然界中充满了考夫曼机。卵细胞发育成巨鲸就是其中一例。进化机器经过十亿年时间由细菌生成火烈鸟又是一例。我们能制造一个人工考夫曼机吗？也许叫作冯诺依曼机更合适，因为冯·诺依曼早在20世纪40年代初期就提出同样的问题。他想知道，机器会制造出比自己更复杂的机器吗？不管它叫什么，问题都是一个：复杂性是如何自行建立的？

“通常，只有当知识结构建立起来后，我们才可能着手论证。所以关键是要问问题问到点子上。”考夫曼告诫我说。在谈话过程中，我常常听到考夫曼自言自语。他会从一大堆漫无边际的推测中剥离出一个，然后翻来覆去地从各种角度去审视它。“你该怎么去问这个问

题？”他咬文嚼字地问自己。他所要的是一切问题之问题，而不是一切答案之答案。“一旦你问对了问题，”他说道，“就很有可能找到某种答案。”

值得一问的问题——这正是考夫曼在思考进化系统中自组织秩序时所想的。考夫曼向我吐露，“我们每个人似乎都有一些头脑深处的问题，并且都会认为其答案至关重要。令我困惑的是，为什么每个人都在问问题。”

有好几次，我都感到这位集医学博士、哲学家、数学家、理论生物学家、麦克阿瑟奖获得者于一身的斯图亚特·考夫曼，被他与之打交道的这个问题深深困扰。传统科学将所有关于宇宙中蕴藏创造性秩序的理论都拒之门外，而“无序之有序”则公然对抗传统科学，因而也可能受到排斥。当同时代的科学界在宇宙的方方面面都看到失控的非线性蝴蝶效应时，考夫曼则问道，混沌之蝶是否可以休眠了。他唤醒了造物体内可能存在的整体设计架构，正是这种架构，安抚了无序的混乱，生成了有序的平静。许多人听到这一说法时都会觉得很神奇。而追寻和构想这独一无二的重大问题则是考夫曼勇气 and 精力的主要源泉：“毫不夸张地说，我23岁的时候就想知道，有10万个基因的染色体究竟如何控制不同细胞类型的出现。我认为我发现了某种深层的东西，我找到了一个深层的问题。而且我仍然那么认为。我想上帝真是对我太好了。”

“如果你要就此写点东西的话，”考夫曼轻轻地说，“你一定要说这只是人们的一些疯狂想法。但是，如果真的存在这种规则生出规则再生出规则的情形——用约翰·惠勒 [\[4\]](#) 的话说就是——宇宙是一个内视的系统，难道不是很神奇吗！？宇宙自己为自己制订规则，并脱胎于一个自洽的系统。这并非不可能：夸克、胶子和原子以及基本粒子创造了规则，并依此而互相转变。”

考夫曼深信，他的系统们自己创建了自己。他希望发现进化系统用以控制自身结构的方法。当那幅网络图景第一次从他脑海中冒出来时，他就有个预感，进化如何实现自我管理的答案就存在于那些连接中。他并不满足于展示秩序是如何自发而又不可避免地涌现出来。他还认为这种秩序的控制机制也是自发涌现出来的。为此，他用计算机仿真了成千上万个随机组合，看哪一种连接允许群体有最大的适应性。“适应性”指系统调整自身内部连接以适应环境变化的能力。考夫曼认为，生物体，比如果蝇，会随着时间的推移而调节自己的基因网络，以使其结果——果蝇的身体——能够最好地适应由食物、避护所和捕食者所构成的周遭环境的变化。值得一问的问题是：是什么控制了系统的进化？生物体自身能够控制其进化吗？

考夫曼研究的主要变量是网络的连接度。在连接稀少的网络中，平均每个节点仅仅连着一个或者更少的节点。在连接丰富的网络里，每个节点会连接十个、百个、千个乃至上百万个节点。理论上每个节点连接数量的上限是节点总数减一。一百万个节点的网络，每个节点可以有一百万减一个连接，也即每个节点都连着其他所有节点。做一个粗略类比的话，通用的每个员工都可以直接连接着其他所有749999个员工。

在改变其通用网络连接度参数的过程中，考夫曼发现了一个不会让通用汽车总裁感到惊讶的事实。一个只有少数个体可以影响其他个体的系统不具备较强的适应性。连接太少不能传播创新，系统也就不会进化。增加节点间的平均连接数量，系统弹性也随之增加，遇到干扰就会“迅速反弹”。环境改变时，系统仍能维持稳定。这种系统能够进化。而完全出乎意料的发现是，超出某个连接度时，继续增加连接度只会降低系统作为整体的适应性。

考夫曼用山丘来描绘这种效应。山顶是灵活性的最佳点。山顶的一侧是松散连接的系统：迟缓而僵化；另一侧是连接过度的系统：一

个由无数牵制力量形成的死锁网格——每个节点都受到许多相互冲突的影响，使整个系统陷入严重瘫痪。考夫曼把这种极端情况称为“复杂度灾难”。出乎许多人意料的是，这种过度连接的情形并不少见。从长远来看，过度连接的系统与一盘散沙并无二致。

最佳的连接度位于中间某个位置，它将赋予网络最大的灵活性。考夫曼在他的网络模型中找到了这个最佳点。他的同事起初难以相信他的结果，因为这似乎是违反直觉的。考夫曼所研究的精简系统的最佳连接度非常低，“只在个位数左右”。拥有成千上万个成员的大型网络里，每个成员的最佳连接度小于10。而一些网络甚至在连接度小于2时达到性能顶点！大规模并行系统不必为了适应而过度连接。只要覆盖面足够，即使是最小的平均连接数也够用了。

考夫曼第二个出乎意料的发现是，不管某个网络由多少成员组成，这个低的最佳值似乎都波动不大。换句话说，即使网络中加入更多的成员，它也不需要（从整个系统的适应性来说）增加每个节点间的连接数。通过增加成员数而不是成员间的平均连接数来加快进化，这印证了克雷格·雷诺兹在其人工生命群中的发现：你可以在一个群中增加越来越多的成员，而不必改变其结构。

考夫曼发现，当生物体或介子的平均连接数小于2时，整个系统的灵活性就不足以跟上变化。如果群体的成员之间缺乏充分的内部沟通，就无法作为一个群体来解决问题。更准确地说，它们分成几个孤立的小团体，但小团体之间没有互动。

在理想的连接数下，个体之间所流动的信息量也处于理想状态，而作为整体的系统就能不断地找到最佳解决方案。即使环境快速改变，网络仍能维持稳定并作为一个整体而长久存在。

考夫曼的定律还表明，当个体间的连接度超过某个值时，适应性就冻结了。当许多行动取决于另外许多互相矛盾的行动时，就会一事

无成。用地形来做比的话，就是极端的连接产生极端的险峻，使任何动作都有可能从适应的山顶跌入不适应的山谷。另一种说法是，当太多人可以对其他人的工作指手划脚时，官僚主义的僵尸就开始复活。适应性束缚于互锁的网格。对于看重互连优势的当代文化来说，这个低的连接度上限实在出人意料。

我们这些有交流瘾的后现代人应该关注这个结果。我们正在不断增加我们网络社会的总人数（1993年全球网络用户月增长率为15%）以及每个成员所连接的人数和地点数。在企业 and 政府中，传真、电话、垃圾邮件和庞大的相互关联的数据库，实际上也增加了每个人之间的连接数。而不论是哪一种增长，都没有显著地提高我们系统（社会）作为整体的适应性。

## 20.5 自调节的活系统

斯图亚特·考夫曼的仿真像任何数学模型一样：缜密、新颖，备受科学家们的关注。也许还不只如此，因为他是在用真实的（计算机）网络来仿真假设的网络，而不是像往常一样，用假设的网络来仿真真实的网络。尽管如此，我承认这只是将纯数学的抽象概念应用于不规则现实的漫漫征途中的一点点进展。没有什么比在线网络、生物基因网络和国际经济网络更不规则的了。不过，斯图亚特·考夫曼非常渴望将其通用试验的结果外推到真实生命中。复杂的真实世界网络与他自己运行在硅芯上的数学仿真之间的比对正是考夫曼苦苦追寻的圣杯。他认为他的模型“就仿佛是真实的一般”。他打赌道，群网络在某个层面上的表现都是相似的。考夫曼喜欢说：“IBM和大肠杆菌看待世界的方式并无不同。”

我倾向于相信他的观点。我们拥有把每个人与其他所有人连接起来的技术，但一些试着以那种方式生活的人却发现，无论要完成什么



事情，我们都在断开连接。我们生活在加速连接的时代，其实，就是在稳步地攀登考夫曼的小山丘。但是，我们很难阻止自己越过山顶，滑入连通性越来越强而适应性越来越弱的山坡。而断开就是刹车，它能避免系统的过度连接，它能使我们的文化系统保持在最高进化度的边缘。

进化的艺术就是管理动态复杂性的艺术。把事物连接起来并不难，但是进化的艺术是要找到有组织的、间接的、有限的连接方式。

考夫曼在圣塔菲研究所的同事克里斯·朗顿从其人工生命的群体模型试验中得到了一种抽象性质，叫作 $\lambda$ 参数。 $\lambda$ 参数能预测一个群体在某个特定规则集下产生行为“最佳平衡点”的可能性。在这个平衡点之外的系统往往陷入两种模式：它们或者定格在几个晶格点上，或者散落成白噪声。那些落在最佳平衡点范围内的值则使系统最长时间地保持有意义的行为。

通过调节 $\lambda$ 参数，朗顿就能调节世界使之更容易地学习或进化。朗顿把在几个固定点之间变化的状态和无定相的气态之间的临界值称为“相变”——物理学家用同样的术语来描述液体转化为气体，或是液体转化为固体。然而，最令人惊奇的是，朗顿发现，当 $\lambda$ 参数接近相变，即最大适应性的“最佳平衡点”时，它减速了。也就是说，系统趋向于停在这个边缘上，而不会跑过了头。在靠近这个进化的极致点时，它变得小心翼翼。朗顿喜欢将之描绘成这样一幅图景：系统在一个缓慢运动的永不消逝的完美浪头上冲浪，越接近于浪顶，时间就走得越慢。

这种在“边缘”处的减速对于解释为什么不稳定的胚胎活系统能不断进化非常关键。当一个随机系统接近相变时，它会被“拉向”并停靠在最佳平衡点，在那里进化，并力求保留那个位置。这就是它为自己所建的自静态的反馈环。由于最佳平衡点很难用静止来形容，所以也许把这种反馈环称为“自动态”会更好。

斯图亚特·考夫曼也讲到过将其仿真的基因网络参数“调节”到“最佳平衡点”。上百万个基因或神经元的连接方式数也数不清，但在连接方式之外，一些数目较少的设置对促进整个网络的学习和适应要重要得多。处于这个进化平衡点上的系统能够最快地学习，最容易地进化。如果朗顿和考夫曼是对的话，那么一个进化的系统会自己找到这个平衡点。

那么这一切是如何发生的？朗顿找到了一些线索。他发现，这个点就处于混沌的边缘。他认为，最具适应性的系统是如此不羁，以至于与失控之间仅一线之隔。生命既非毫无沟通的停滞系统，也非沟通太多的死锁系统。生命是被调节到“混沌边缘”的活系统——就处在那个 $\lambda$ 点上，信息流量刚好足够到使每个事物都处于摇摇欲坠当中。

稍稍放松一点缰绳，死板的系统就会运转得更好；而稍微加强一些组织，紊乱的系统也能得到改进。米奇·沃尔德罗普 [5] 在他的著作《复杂性》 [6] 里这样解释朗顿的概念：如果自适应系统没有运行在令人满意的正道上，铁面无私的效率就会将它推向最佳平衡点。如果一个系统停留在僵化和混乱间平衡的峰顶，那么，如果它偏离原位，适应性就会将它拉回到边缘。“换句话说，”沃尔德罗普写道，“学习和进化会使混沌的边缘保持稳定。”——这就是一个自强化的最佳平衡点。我们也许应该说它是动态稳定的，因为它的位置会不断变动。林恩·马基莉斯称这种变化的、动态恒定的状态为“流动稳定” [7]，即紧紧地攀附在一个移动的点上。正是同样的持久的摇摇欲坠态，使地球生物圈的化学路径处于有目的的失衡中。

考夫曼把建立在 $\lambda$ 值范围内的系统叫作“悬平系统” [8]。这些系统悬停在混沌和严格秩序的交界处。悬平系统在宇宙中随处可见，甚至在生物圈之外也不乏它们的身影。许多宇宙学家，如约翰·巴罗 [9]，认为宇宙本身就是个悬平系统，在一连串非常精密的数值（比如万有引力参数或电子质量）上达成不稳定的平衡。这些数值如果改变一丁

点，哪怕是微不足道的一亿分之一，宇宙都可能在一开始就坍塌了，或是根本就不能成形。这类“巧合”太多了，足足可以写好几本书。按照数学物理学家保罗·戴维斯 [10] 的说法，这些巧合“聚集在一起，有力地证明了我们所了解的生命是如此敏感地依赖于物理定律的形式，依赖于一些看似偶然实际上却是自然为各种粒子和相互作用所选定的数值”。简单说，我们所接触的宇宙和生命悬停在混沌的边缘。

如果悬平系统能够不靠创建者而是自行调节自身又会怎样？对于自平衡的复杂系统来说，它将获得生物学意义上的巨大的进化优势。它能更快地进化，更快地学习，也能更容易地适应。考夫曼说，如果进化选择了自我调节功能，那么，“进化和适应的能力本身可能就是进化的一大成就”。而自我调节是更高级进化的必然选择。考夫曼提出，基因系统的确通过在其系统内部调节连接数量以及染色体大小等因素来调节自身，使其获得最佳的灵活性。

自调节也许正是那把通往永不停止的进化——即开放进化的圣杯——的神奇钥匙。克里斯·朗顿将开放进化正式表述为不断地调节自身使其复杂度越来越高的系统，或者在他的构想中，是一个成功地掌控越来越多影响进化的参数并在边缘位置保持平衡的系统。

在朗顿和考夫曼的架构里，自然起始于一堆相互作用的聚合体，它们通过自催化作用生成新的聚合体，并连接成网络，以使进化能够最大限度地发生。这个富含进化的环境产生了细胞，而细胞也学会了调节自己的内部连接，以保证系统处于最佳进化状态。在混沌边缘所迈出的每一步，都小心翼翼地踏在最优灵活性的小路上，不断地增加着它的复杂性。只要系统踏上这条进化的波峰，它就会一直向前冲。

朗顿表示，我们在人造系统里想要的是些相似的东西。任何系统寻求的首要目标都是生存。其次是保证系统最大灵活度的理想参数。而最令人兴奋的是第三个层级的目标：寻找系统在进化过程中不断增

强自调节的策略和反馈机制。考夫曼假设，如果系统构建为自调节的，那么它就能很容易地适应，也就意味着它们是自然选择的必然目标。能够借力于自然选择会是首选的能力之一。

就在朗顿和同事们在可能世界的空间中寻找生命所能停留的最佳平衡点时，我听到他们说自己是在无尽的夏天里冲浪，找寻着那波完美而缓慢的浪头。

圣塔菲研究所的研究员瑞奇·巴格利 [11] 告诉我：“我正在寻找的是与我相隔一层窗户纸的东西”。他进一步解释道，它既不是规则的，也不是混乱的；处在近于失控和危险的边缘中。

“没错，”无意中听到我们谈话的朗顿回答道，“确实就像拍岸的海浪，它们砰砰的拍着岸边，就像心跳一样稳健。然后突然之间，哗——掀起一个大浪。而那就是我们所有人正在寻找的。”

---

[1] 反混沌（antichaos）：混沌理论认为，一切系统的行为都是动态演化的，在其演化过程中可能会呈现出有序态、无序态、混沌态、反混沌态和自组织临界态5种类型的状态，不同状态下的系统具有不同的预测特性。考夫曼在他的《生物序的起源——进化中的自组织与选择》一书中这样描述：如果一个由简单的化学分子构成的系统达到某种特别复杂的程度时，该系统就会出现戏剧性的突变，这种突变类似于液态水结冰时发生的突然相变，同在即将坍塌的沙堆上再加一粒沙子一样。这时，那些原本简单的小分子会自发地相互结合（化合），自组织成一些非常复杂的大分子，这种复杂大分子又会自动发生催化作用，使周围混乱无序的分子都自组织成为有序的分子链。这个从混沌到有序的过程被称为反混沌过程，最初的生物大分子就是在这个过程中形成的。

[2] 自旋玻璃（Spin Glass）：一种内部微粒间相互作用处于随机无序状态的磁性材料。

[3] 库尔特·哥德尔（Kurt Godel, 1906~1978）：美国数学家、逻辑学家和哲学家。最杰出的贡献是哥德尔不完全性定理。

[4] 约翰·惠勒（John Wheeler, 1911~2008）：美国理论物理学家，爱因斯坦晚年的合作者之一。他试图完成爱因斯坦“大一统理论”的构想。

[5] 米奇·沃尔德罗普（Mitch Waldrop）：美国作家，国家科学基金媒体负责人，《自然》杂志编辑。

[6] 《复杂性》： Complexity – The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos， 1992 年出版。

[7] 流动稳定（Homeorhesis）： 源于希腊语“相似之流”，用以描述回归到某条轨迹上的动态系统，与回归到某个状态（Homeostasis）的系统相对。

[8] 悬平系统（Poised System）： 也可译为“待动系统”。

[9] 约翰·巴罗（John Barrow， 1952～）： 英国宇宙学家、理论物理学家和数学家，现就职于剑桥大学。

[10] 保罗·戴维斯（Paul Davies， 1946～）： 英国物理学家和作家。现就职于美国亚利桑那州立大学，曾在剑桥大学、伦敦大学等机构任教和从事研究工作。

[11] 瑞奇·巴格利（Rich Bageley）： 圣塔菲研究所的研究员。

## 第二十一章 水往高处流

### 21.1 40亿年的庞氏骗局 [1]

19世纪初，关于“热”的问题还是一个令人费解的深奥难题。每个人都本能地知道一个热的物体会逐渐冷却到与周围环境相同的温度，而一个凉的物体温度同样会慢慢升高。但是关于热的完整理论还没有诞生，并且困扰着当时的科学家们。

真正的热力学理论必须能够解释某些令人费解的问题。是啊，同一空间里的一个极热的物体和一个极冷的物体最终会变得温度相同。但是有一些物体，比如一盆冰水混合物，相比而言，温度升高的速度就没有同样大小的一盆冰或者一盆水来得快。热胀冷缩，运动产生热，热导致运动。还有某些金属被加热的时候，重量会增加，也就是说，热是有重量的。

早期对热进行研究的先驱者们并不知道他们研究的是温度、卡路里、摩擦力、做功、效率、能量和熵——这些术语都是后来才产生的。事实上，搞了几十年，他们还根本不确定自己所研究的究竟是什么。最广为认同的一种理论是，热是一种无孔不入的弹性流体——是一种物质以太 [2]。

1824年，法国军事工程师卡诺 [3]（卡诺与萨缪尔·贝克特的著名荒诞戏剧《等待戈多》中行动迟缓的主角戈多谐音）推导出后来被称为热力学第二定律的原理，这一原理的简单表述如下：没有永动系



统。卡诺的**热力学第二定律**连同**热力学第一定律**（能量守恒定律）一起，作为理解许多科学理论的主要框架影响了随后的一个世纪。其中不仅包括**热力学**，还有大部分物理学、化学，以及量子力学。总之，**热力学理论**加固了所有现代物理科学的基础。

然而生物学却没有如此显赫的理论。时下，在复杂性研究员中间最流行的笑话就是，今天的生物科学正在“等待戈多”。理论生物学家感觉他们自己就像19世纪**热力学**即将诞生之前的**热研究者**。生物学家们讨论复杂性问题，却没有一个衡量复杂性的标准；他们提出了生物进化的假说，却无法重现一个实例。这让他们再次回想起**研究热问题**却没有类似卡路里、摩擦、做功，甚至能量这样的概念的情形。正如卡诺通过他的**热寂原理**为当时无序的物理学构建了一个框架，一些理论生物学家也在**热切**期盼着生物学第二定律的诞生，以框定生命领域的大势——从无序中找到有序。可是这个笑话里有一丝潜藏的讽刺，因为在贝克特的这部著名的戏剧里，戈多是一个神秘的人物，而且根本就没有出场！

探索深度进化和找寻超生命的背后，大多都藏有对生物学第二定律这一关于有序诞生的法则的探索。许多后达尔文主义者质疑自然选择本身能否强大到足以抵消卡诺的**热力学第二定律**。既然我们仍然存在，就说明有这种可能。他们并不清楚他们正在寻找的**究竟是什么**，但直觉告诉他们，可以说它是一种熵的互补力量。有些人称之为反熵，有些人称之为“**负熵**”。格雷戈里·贝特森就曾经问道：“是否也有一个生物物种的熵？”

正式的科学研究文献很少明确表述对这一生命奥秘的探索。当夜深人静披卷而读时，大多数文献都给人以管中窥豹或盲人摸象的感觉：每篇文献都只看到了事物的一部分。它们都力图用严谨的科学词汇来完整地表达其理念和直觉。这里，我把它们所包含的构想归纳如下：



从大爆炸迄今，100亿年来，宇宙从一团致密而极热的原始物质慢慢冷却。当这一漫长的历史走到大约三分之二的时候，一些特别的事情发生了。一种贪得无厌的力量开始强迫这些正在慢慢消散的热和秩序在局部形成更好的秩序。这个半路杀出来的程咬金其最不寻常之处在于：（1）它是自给自足的，（2）它是强化的：它自身愈庞大，就产生愈多的自身。

自此之后，宇宙中就并存着两个趋势。一种是永远下行的趋势，这股力量初时炽热难当，然后嘶嘶作响归于冰冷的死寂。这就是令人沮丧的卡诺第二定律，所有规律中最残酷的法则：所有秩序都终归于混沌，所有火焰都将熄灭，所有变异都趋于平淡，所有结构都终将自行消亡。

第二种趋势与此平行，但产生与此相反的效果。它在热量消散前（因为热必会消散）将其转移，在无序中构建有序。它借助趋微之势，逆流而上。

这股上升之流利用其短暂的有序时光，尽可能抢夺消散的能量以建立一个平台，来为下一轮的有序作铺垫。它倾尽所有，无所保留，其秩序全部用来增强下一轮的复杂性、成长和有序。它以这种方式在混沌中孕育出反混沌，我们称之为生命。

上升之流是一个波浪，是衰退的熵的海洋里微微的上涨，是自身落于自身之上的永不消逝的波峰，且永远处在坍塌的边缘。

这波浪是划过宇宙的一道轨迹，是混沌的两个不同侧面之间的一条细线：线的一边下滑形成僵硬的灰色固体，另一面悄悄没入沸腾的黑色气态，而这波浪就是两种状态间不断变幻着的瞬间——是一种永恒的液体。熵的引力不容藐视；不过由于波峰不断跌落，生物的顺序便如同冲浪者一般踏浪滑翔。

生物的顺序利用这上涨的波浪不断积累，犹如冲浪板，利用外来的能量将自己送入更加有序的领域。只要卡诺定律的力量继续下行使宇宙冷却，上升流便不断的偷走热能提升自己，凭自己的力量维持自身高度。

这就像一个金字塔骗局，或一个空中楼阁，在这场游戏里，生物秩序作为游戏的杠杆，其功用便是用来套取更多的生物秩序，若不能持续扩张，便只有崩溃。如果把所有生命当作一个整体的话，其历史就是一个高明绝顶的骗子的故事。这个骗子找到了一个极为简单的骗人把戏，并且堪称完美地实施了这个计划——迄今为止都逍遥法外。“生命也许应该被定义为逃避处罚的艺术，”理论生物学家沃丁顿如是评说。

或许，这富于诗意的想法仅仅是我个人的幻想，是我对他人著说的一知半解和断章取义。但我不这样认为。我已经从许多科学家那里听到了类似的观点。我也不认为人们所期待的“卡诺法则”纯属神秘主义——当然，这还只是人们的一种希望而已，但我仍希望能找到一种可证实或证伪的科学理论。尽管有种种貌似于上升流的不那么靠谱的学说，譬如“生机论”<sup>[4]</sup>，但这第二种力量的科学性绝不输于概率论或达尔文的自然选择。

然而，一种犹豫不决的氛围笼罩在“上升流”的头上。人们的主要顾虑在于，“上升流”意味着宇宙中存在某种方向性：当宇宙的其余部分慢慢耗尽能量，超生命却在稳步积累自己的力量，朝着相反的方向逆流而上。生命朝着更多的生命、更多种类的生命、更复杂的生命以及更多的某种东西进发。而这导致了某种怀疑论。现代认知在这种进程中嗅到了一丝气味。

这种进程散发着以人类为中心的味道。对一些人来说，它如同宗教狂热一般刺鼻。最早也是最狂热地支持达尔文理论的正是基督教新

教徒的神学家和修士，因为它为人类的主导地位提供了科学证据。达尔文进化论提供了一个漂亮的模型，描述了无知的生命向已知的完美巅峰——人类男性——进发的过程。

对达尔文学说的滥用不仅助长了种族主义，而且无助于进化这个概念的发展。比进化的进步更重要的是重新审视我们人类的位置。我们并非宇宙的中心，只不过是宇宙中一处毫不起眼的角落里一个无足轻重的螺旋星系边微不足道的一缕烟尘。如果我们并不重要，那么进化会通往何处呢？

进步是条死胡同，没有任何出路。在进化论研究以及后现代史、经济学和社会学中，进步之死基本上已盖棺定论。没有进步的变化正是我们当代人对自己命运的认识。

第二种力量的理论重新点燃了进步的希望，同时也提出了棘手的问题：如果存在一个生命的第二法则——上升流，那么这个潮流的方向究竟指向哪里？如果进化的确有一个方向，那么它究竟会有一个什么样的方向？生命到底是在进步，还是仅仅在盲目地徘徊？也许进化只不过有个小斜坡，使之看上去有某种趋势，并且可以部分地预测。生命（不论是天然的还是人工的）会具备哪怕是微小的趋势么？人类文化和其他活系统是有机生命的镜像吗？或者，某个物种能够不依赖其他物种而独立地发展？人为进化是否有它自己的规律和目标，完全超越其创作者的初衷？

我们首先必须承认，我们所看到的生命和社会的进步只不过是由人类的错觉。生物学中流行的“进步阶梯”或“大物种链”这些概念在地质学中根本就找不到任何证据。

我们从最初的生命开始，把它看作一个起点。想象它的所有后裔一层层缓慢膨胀，就好比一个越吹越大的气球。时间即是半径。每个生活在特定时间的物种就成为当时这一球面上的某个点。

在40亿年（也即今天）这个时间点上，地球的生命世界里满满地塞了大约3000万个物种。其中某个点是人类，而远端另一侧某个点则是大肠杆菌。在这个球面上，所有点与最初生命起点的距离都是相同的，因此，没有哪个物种优于其他物种。地球上所有生物在任何一个时间点上的进化都是同步的，他们都经历了同样多的进化时间。说穿了，人类并不比大多数细菌进化得更多。

让我们仔细看看这个球面，很难想象，人类不过是其中毫不起眼的点，凭什么成为全球的最高点？也许3000万共同进化的其他生物中的任何一个点——比如说，火烈鸟或毒橡木——都代表了这整个进化的过程呢。随着生命不断地探索新的领域，整个球体的范也在不断地扩大，共同进化的位子数也随之增加。

这个生命的球状图不动声色地动摇了进步式进化的自证图景，即生命从简单的单细胞成功攀登到人类这一阶梯的顶点。这幅图景忽略了其他数十亿也应该存在的进化阶梯，包括那些最平淡无奇的故事，比如，一个单细胞生物沿着漫无目的的进化之梯演变成另外一种略有不同的单细胞体。事实上，进化没有顶点，只有数十亿个分布在球面上的不同的点。不管你做的是什，只要有个结果就好。

不管是四处游荡还是呆在原地不动，都无所谓。在进化的时间进程中，原地踏步的物种可要比那些激进变革的物种多得多，而他们在回报上却没有什么差别。不管是现代人类还是大肠杆菌，都是进化的幸存者，是经历了亿万年淘汰后获胜的佼佼者。而且，没有谁会在下一个百万年的进化中比其他幸存的物种更具优势。事实上，许多悲观主义者认为，人类比大肠杆菌幸存更久的几率是一百分之一，尽管这种微不足道的生物目前还只能生存在我们人类的肠道里。

## 21.2 进化的目的是什么

就算我们承认生命的进化没有展示出任何进步的迹象，那它也会有个大致的方向吧？

翻了翻关于进化的书籍，我找不出哪一本书的目录上有“趋势”或者“方向”这样的字眼。许多新达尔文主义者绝口不提这两个字眼，近乎狂热地铲除着进化中有关进步的概念。其中最直言不讳的一个人就是史蒂文·杰·古尔德，他也是为数不多的几个曾公开讨论这个观点的生物学家之一。

古尔德其科普作品《奇妙的生命》<sup>[5]</sup>一书中对伯吉斯页岩化石群<sup>[6]</sup>给出了全新的解释。这本书的核心思想就是，生命的历史可以被视为一盘录像带。我们可以试想着将带子倒回到起点，并借助某种神奇的力量，改变生命之初的某些关键场景，然后从那一点起重新播放生命的历程。这种屡试不爽的文学手法在美国经典圣诞电影《美好人生》<sup>[7]</sup>中达到了极致：在这部电影中，主人公吉米·斯图尔特的守护天使为他重演了因没有他的存在而变得不幸和痛苦的其他人的生活。因此，古尔德将其名字借用过来，作为自己的书名。

如果我们能够重播地球上生物演化的过程，这一过程是否会按照我们已知的历史发展？生命将重现那些我们熟悉的阶段，还是会做出相反的选择而让我们大吃一惊？古尔德用讲故事的方法，告诉我们为什么他认为如果进化可以重来的话，我们将会完全认不出地球上的生命。

此外，既然我们能够将这盘神奇的录像带放到我们的机器里播放，那么也许还可以进一步做一些更有趣的事。如果我们关掉灯，然后随意地翻转带子，再播放它，那么，来自另外一个世界的访客是否能够判断磁带究竟是正向播放还是在倒带？

如果我们倒过来播放这史诗般的《奇妙的生命》，那么会在屏幕上看到些什么？现在，就让我们调暗灯，仔细地欣赏吧。故事在一个蔚蓝色的壮丽的星球上展开：地球的表面包裹着一层很薄的生物膜，有些是移动的动物，有些是生根的植物。影片中是数以万计的不同种类的演员，大约一半是各式各样的昆虫。在这个开场中，并没有太多的故事发生。植物演变出不计其数的形状。一些灵巧的大型哺乳动物逐渐演变成外形相似而体型较小的动物。许多昆虫逐渐演化成其他昆虫；与此同时也出现了许多全新的面孔，它们又随之逐渐地变化为其他模样。如果我们仔细地观察某一个体，并且通过慢镜头密切关注它的变化，很难辨别出什么特别明显的前进或是倒退的变化。为了加快节奏，我们按下了快进键。

从屏幕上，我们看到地球上的生物越来越稀少。许多动物——但并非全部——形体开始逐渐缩小。生物种类的数目也在变少。故事情节的发展慢了下来。生物所扮演的角色越来越少，每个角色的变化也越来越少。生命的规模和大小都逐步衰退，直到变成微小、单调的基本元素。在乏味无趣的大结局中，随着生物演变成一个单一、微小且形状不定的小球，最后一个活物也消失了。

让我们回顾一下：一个由形式多样的生物群组成的错综复杂、相互关联且无比壮阔的生物网络，最终退化成一些结构简单、样式单一而且大多只会自我复制的蛋白质微粒。

那你怎么看？来自雷神之星的朋友？你觉得这微粒是起点还是终点呢？

新达尔文主义者辩称，生命当然会有时间上的方向，但除此之外，一切都不能肯定。既然有机界的进化没有定向的趋势，那么生命的未来便无法预测。因此，进化不可预测的本质倒是我们有把握作出的少数几个预测之一。新达尔文主义者相信进化是不可预测的。当鱼类在海洋里撒欢的时候——当时正是生命和复杂性的“巅峰”，谁又料

想得到，一些丑八怪正在靠近陆地的干涸泥潭里做着极其重要的事情？而陆地，那又是什么东西？

另一方面，后达尔文主义者不断提及“必然性”。1952年，英国工程师罗斯·艾希比在其颇有影响力的著作《为大脑而设计》[\[8\]](#)中写道：“地球上生命的发展绝对不能被视为一件不同寻常的事情。相反，它是必然发生的事情。像地球表面这么庞大且基本处于多态稳定的系统，不温不火地保持了50亿年之久，所有变量都聚合成具有极强自维持力的形式，除非是奇迹才能使之脱离这种状态。在这种情况下，生命的诞生就是不可避免的。”

然而，当“必然”与进化放在同一个句子里时，真正的生物学家却退缩了。我认为这是正常反应，因为历史上“必然”曾经指的就是“上帝”。不过，即使是最正统的生物学家也认同，人工进化为数不多的合法用途之一就是作为研究进化中定向趋势的实验台。

物理世界中是否存在某些基本的限定条件，使生命只能沿某种特定的轨迹前行？古尔德把生命的可能性空间比作一个“宽广、低洼、均匀的巨大斜坡”。水滴随机地落在斜坡上涓涓而下，侵蚀出许多杂乱无章的细小沟壑。形成的沟壑因为有更多的水流冲刷而不断地加深，很快形成了小溪谷，并最终成为更大的峡谷。

在古尔德的比喻中，每一个细小的沟壑都代表了一个物种发展的历史路径。而最初的沟壑设定了随后的属、科、类的走向。初期，这些细小沟槽的走向是完全随机的，但是一旦形成，随后形成的峡谷的走向便固定了。尽管他承认在他的这个比喻中有一个起始斜率，而这个斜率“确实给坡顶上的降水设定了一个优先的流向”，但是古尔德还是坚持没有任何东西可以扰乱进化的不确定性。引用他喜欢重复的解释就是，如果你一次次重复这样的实验，每次都从一个完全相同的空



白斜坡开始，那么，你每次得到的由山谷和山峰构成的地形都会大不相同。

有意思的是，如果你完全按照古尔德的假想实验在沙盘上进行实地实验的话，结果可能恰好暗示了另外一个相悖的观点。当你像我曾经做的那样，一次次地重复这个试验，你首先注意到的事情就是，你得到的地貌类型是所有可能形成的类型中非常有限的子集。许多我们熟悉的地貌地形——连绵山脉、火山锥、拱肩、悬谷，永远也不会出现。因此，你尽可以放心地预测，生成的山谷和峡谷一般都是和缓的溪谷。

其次，尽管由于水滴是随机滴落的，因而最初的沟槽也是随机出现的，但随后的侵蚀则循着非常相似的过程。峡谷会按照一个必然的次序显露出来。借用古尔德的类比：最初的一滴水好比是最先出现的物种；它可能是任何意料不及的生物体。虽然它的特点是不可预期的，但是沙盘的推演证明，根据沙子构成的内在趋势，其后代显露出一定的可预测性。所以，尽管进化在某些点上对于初始条件是敏感的（寒武纪生命大爆发就是其一），但是这绝不能排除大趋势的影响。

在19世纪与20世纪之交，一些颇有声望的生物学家们曾大力宣传进化的趋势。其中一个著名的学说是垂直进化论。垂直进化的生物沿着一条直线发展，从最早的生物A，顺着生命的字母表，演化成最后的生物Z。过去有些定向进化论者真的认为进化是没有分支的：他们把进化想象成一个向上攀登的生物阶梯，每一层都驻有一个物种，每一层都近于天道般的完美。

就算是不那么倾向于线性般完美的垂直进化论者也往往是超自然主义者。他们觉得，进化之所以有方向，是因为有某种力量为其引导了方向。这种指引力量，是超自然的作用，或是注入活物的某种神奇的生命力，甚至是上帝本身。这些观念显然超出了科学的认知范围，

本来就对科学家没有什么吸引力，加上神秘主义和“新人类”的膜拜，更使人们对其敬而远之。

但在过去几十年里，视神为无物的工程师们已经制造出了可以自己设定目标且似乎有自己动机的机器。控制论的始创人诺伯特·维纳是最早发现机器内部自我导向的人之一。他在1950年写道：“不仅是人类可以为机器设定目标，而且在绝大多数情况下，一台被设计来用于预防某些故障的机器，会找寻自己能够达成的目标。”维纳暗示，一旦机械的设计复杂性越过某个门槛，就会不可避免地涌现出目的。

我们自己的意识是一个无意识因子的**集合**，其中涌现出目的的方式和其他非特意的活系统中涌现出目的的方式完全相同。举一个最实际的例子，一个最低端的恒温调节器也有它的目标和方向，即寻找并保持设定的恒定温度。令人震惊的是，有目的的行为可以从软件中许多无目的的子行为中显现出来。罗德尼·布鲁克斯的麻省理工移动式机器人采用自下而上的设计，能够基于目标和**决策**来执行复杂任务，而它的目标则是从简单的、无目的的电路中产生的。于是乎，成吉思这个虫形机器人“想要”爬过厚厚的电话簿。

当进化论者把上帝从进化中抖落掉的时候，他们认为自己已经抖落掉了所有目的和方向的痕迹。进化曾是一台没有设计者的机器，一只由盲人表匠打造的钟表。

然而，当我们真正构造非常复杂的机器、涉猎合成进化的时候，我们发现两者都能自行运转，而且都形成了它们自己的一串处理事务的方式。斯图亚特·考夫曼在适应系统中所见的自组织的无序之有序，和罗德尼·布鲁克斯在机器中培育出的带有目的性的目标，是否足以说明，不管进化是如何发生的，它都会进化出它自己的目标和方向？

如果仔细找寻，我们可能会发现，在生物进化中涌现出来的方向和目标可能产生自一大群无目的和无方向的组成部分，而无需援引活

力论或者其他什么超自然的解释。计算机进化的实验证实了这一内在的目的性，这一自发产生的“趋势”。两位复杂性研究的理论家，马克·贝多和诺曼·帕卡德，仔细评判了许多进化系统，并得出结论：“正如最近混沌研究的结果所表明，确定性系统可能是不可预测的，我们相信确定性系统是有目的性的。”对于那些被“目的和进化”的争论吵昏了头的人们来说，这个解释会有助于他们把目的性理解为“驱使”或“势头”，而非一种自觉的、有意的目标或计划。

在下一节里，我列出了进化可能存在的大规模、自发性势头。我在这里所用的“势头”这个词，是一个笼统的概念，并且容许例外，并非每一个生物种类都会遵循这些趋势。

我们以教科书中常见的原理“柯普法则”<sup>[9]</sup>为例。柯普是20世纪20年代著名的巨型骨化石收藏家，他曾经用多种方法重新绘制了恐龙的外形。他是恐龙研究的先驱，并不懈地推动了对这一奇特生物的研究。柯普注意到，总体而言，随着时间的推移，哺乳动物和恐龙的形体似乎在逐渐增大。后来的古生物学家仔细地研究之后发现，他的观点只适用于大约三分之二有记载的化石；人们可以找到很多例外，即使是在他曾经十分留意的物种中也存在例外。如果他的这一法则没有例外的话，那么地球上最大的生物也许应该是如城市街区一样巨大的真菌，而非现在那些藏在森林底层的“原始”蘑菇了。尽管如此，进化中肯定存在着长期的趋势，即较小的生物如细菌是早于鲸这类大型生物而出现的。

## 21.3 超进化的7个趋势

我注意到，在一刻不停的生物进化中涌现出了7个主要趋势。而当人工进化踏上漫漫征途时，这7个趋势也将伴随其左右。它们是：不可

逆性、递增的复杂性、递增的多样性、递增的个体数量、递增的专业性、递增的相互依存关系，以及递增的进化力。

不可逆性。进化不可倒退（即著名的多洛氏不可逆法则）。当然，这个也有一些例外。比如说鲸在某种意义上从哺乳动物回退成一条鱼。但这些例外也恰恰验证了这一法则。总之，今天的物种无法退回到过去的形态。

要放弃来之不易的属性并不容易。这是一个文明演进的公理：已经发明的技术就再也不能当作从未发明过。某个活系统一旦进化出了语言或者记忆，就再也不会放弃它。

同样，生命出现了就不会再隐退。我注意到，没有任何一个地质区域会在有机生命渗入之后重归寂静。生命一旦在某种环境中安顿下来，就会顽强地维持着某种程度的存在，无论那里是滚烫的温泉、高山裸岩、还是机器人的金属表面。生命利用无机物质世界，不顾一切地将其转化为有机物质。正如沃尔纳德斯基所写到的：“原子一旦卷入生命物质的洪流，就别想能轻易离开。”

生命出现之前的地球在理论上是一个贫瘠荒凉的行星。现在人们普遍承认，虽然当时地球一片荒凉，却在慢慢熬制着生命所需的配料。实际上，地球是一个等待接种的球形培养基。你可以想象，有一个方圆8000英里的大碗，装满了经过高温灭菌的鸡汤。某一天你将一个细胞滴落其中，第二天，细胞便以指数级的增长布满这个海量的巨碗。几十年间，各种变异的细胞就拱入了每个角落。即使它要用上百年的时光，也不过是地质年代的一个瞬间。生命诞生了，就在一瞬间！生命势不可挡。

同样，人工生命一经渗入计算机，就永远留在计算机的某处，永远不会消失。

递增的复杂性。每当我问朋友，进化是否有方向？总是得到这样的答案（如果有回答）：“它朝越来越复杂的方向发展”。

尽管几乎每个人都清楚地知道进化朝着更加复杂的方向发展，但是我们手头真正言之有物的有关复杂性的定义却少之又少。而当代生物学家却质疑生命趋向复杂化的观点。史蒂文·杰·古尔德就曾经断然地对我说：“日趋复杂化的幻觉是人为的现象。因为你必须先建立一些简单的东西，如此一来，随后产生的自然就是复杂的东西了。”

然而，有许多简单的事情大自然从未做过。如果没有某种朝向复杂性的驱动力，大自然为什么不停留在细菌时代，发展出数百万各种各样的单细胞物种？它又为何不停留在鱼类阶段，尽可能创造出所有能够创造的鱼类形式？为什么要把事情搞得更复杂？就此而言，生命为什么要以简单的形态开始呢？据我们所知，并没有一个相关的规则说明事情必须越变越复杂。

如果复杂化是一个真正的趋势，那么一定有某种事物推动了它。在过去的百年里，科学家们提出了多种理论来解释这种复杂化的现象。这些理论按其提出时间罗列如下：

◎对部件的复制以及复制中的意外导致复杂性（1871）。

◎真实环境的苛刻导致部件的分化，分化**集**合成为复杂性（1890）。

◎复杂性更具**热力学效率**（1960）。

◎复杂性只是（自然）选择其他属性时偶然产生的副产品（1960）。

◎复杂的有机体能不断**聚集**周围更多的复杂性；因此复杂性是一个自身不断放大的正反馈循环（1969年）。

◎相对而言，一个系统增加一个部件比减少一个部件容易，因此复杂性是累积的（1976年）。

◎非均衡系统在熵消散或热消耗时积累复杂性（1972）。

◎意外本身产生复杂性（1986）。

◎无休止的军备竞赛逐步增强复杂性（1986）。

由于对复杂性的定义目前仍然含糊不清，而且很不科学，因此迄今为止尚未有人系统地研究化石记录，以确定能测量的复杂性是否随着时间的推移而增加。人们已经针对某些特定的短谱系生物进行了一些研究（采用了各种不同的方法来测量复杂性）。研究证明这些生物某些方面的复杂性有时候确实增强了，但有时候并没有增强。简而言之，我们并不确知，伴随着生物显而易见的复杂化，究竟发生了什么事情。

递增的多样性。这一点需要认真地说明。著名的软体动物化石群，加拿大的伯吉斯页岩化石群，正迫使我们重新思考究竟什么才是我们所谓的“多样性”。正如古尔德在《奇妙的生命》一书中所说，伯吉斯页岩展现了寒武纪生命大爆发时期一系列令人瞩目的新生物的出现和蓬勃发展。这些奇妙的生物群体，其基本类型要比我们的先祖生物的基本类型更富有多多样性。古尔德争辩说，我们看到，自伯吉斯页岩之后的生物从基本类型上说是多样性的递减，而各个基本类型中的小物种则大量递增。

举例来说，生命对数百万种昆虫精雕细琢，却没有再发展出更多诸如昆虫的新物种。三叶虫的变体无穷无尽，却没有诸如三叶虫的新种类。伯吉斯页岩化石展现出来的林林总总的生物结构基本类型大拼盘，超过了如今生命在同一地区显现出的少得可怜的基本结构。有人

可能会争辩，那种认为多样性始于微小的变化，并随着时间的推移而膨胀的传统观念，也许是本末倒置的。

如果你将差异定义为显著的多样性，那么差异正在缩小。一些古生物学者把更为本质的基本类型的多样性称为“差异”，并与普通的物种多样性区别开来。锤子和锯子之间，存在着根本差异，而台式电锯和电动圆锯之间的差异，或者当下生产的数千种千奇百怪的电器用具之间的差异，则没有那么显著。古尔德这样解释：“三只不同种类的盲鼠构不成一个多样的生态动物群落，而一头大象、一棵树加一只蚂蚁就可以构成这样的群落——尽管这一个组合只包含了三个物种。”也正是认识到很难得到真正创新的生物基本类型（试着为消化系统找个通用的替代品看看！），我们才会更重视在基本面上的不同。

正因为多样化的基本类型非常罕见，所以经历了寒武纪大爆发之后，大多数物种的基本类型便再也无可替代。这可谓特大消息，它引发了古尔德的感慨：“生命史的惊人事实就是它标记着多样性的锐减，以及继之而来的在少数幸存物种中激增的多样性”。取其10种，弃其9种，而剩下的第10种确实产生了巨量的变异，例如甲虫。因此，我们所说的自寒武纪之后进化“递增的多样性”是就更细的物种划分而言。今天，地球上生活着的物种的确比以往任何时候都多。

递增的个体数量。与10亿年前，甚或100万年前相比，今天世界上生物体的总数也有了巨大的增长。假设生命只有一次起源，那么这世界上就一度只有孤零零的生命始祖存在。而如今，生命这个种群的人口可谓是不计其数。

生命数目的增加还有另外一种重要形式。从层级的角度看，超群和子群也构成了个体。蜜蜂群集成为一个群体，这样一来，个体的总数就是蜜蜂的数量加上一个超级群体。人是由数以百万计的细胞构成的，因而也为增加的生命个体总数贡献了一份力量。此外，每个细胞都可能存在寄生，这样一来个体的数量就更多了。不管从哪个角度



看，在同一个有限的空间里，个体都可以以嵌套的方式存在于其他个体内部。因此，在一定容积里，连同所有细胞、寄生虫以及病毒感染物在内的蜂群的个体总数可能大大超过同等容积中所能容纳的细菌总数。正如斯坦利·塞尔斯在《进化出层级架构》（*Evolving Hierarchical Systems*）中所描述的：“如果个体可以相互嵌套，那么在一个有限的世界里，就有可能存在不计其数的独一无二的生命个体，世界的范围也因此被扩展了。”

递增的专业性。生命开始时如同一道可以完成许多工作的通用工序。随着时间的过去，单一的生命分化成许多做更专业事情的个体。正如一个普通的卵细胞经过发育分化成众多不同的专属细胞，动植物为了适应更狭窄的生态位，在进化中也分化成更多不同的种类。实际上，“进化”这个词，最初只是用来表示一个卵细胞分裂扩展成一个胚胎生物的过程。直到1862年，赫伯特·斯宾塞才第一次利用这个术语表述随着时间推移而发生的器质性变化。他把进化定义为“通过不断的分化和整合，从不明确、不连贯的同质性状态转变成明确、连贯的异质形态的变化过程”。

将前面列出的趋势与递增的专业性归拢在一起，就可以描绘出这样一幅广阔的画面：生命从一个简单的、不明确的、未定型的创意开始，随着时间的推移，渐渐稳定形成一大群精确的、稳固的、机器般的结构。细胞一旦分化，就难以回归到更通用的状态，动物一旦专业化，也极难回归到更一般的物种。随着时间的推移，专业的生物体的比例加大，种类增加，专业性的程度也提高了。进化朝着更细化的方向迈进。

递增的相互依存关系。生物学家已经注意到，原始生物直接依赖于自然环境。有些细菌生活在岩石之中；有些地衣以石头为食。这些生物体的自然栖息地稍有扰动就会对其产生强大的冲击（正是因为这样的原因可以将地衣用作酸雨污染的天然监测器）。随着演变，生命

逐渐解脱无机物的束缚，而更多地与有机物相互影响。在植物将根直接扎入土壤的同时，那些依赖于植物的动物则摆脱了土壤的束缚。两栖类和爬行类动物一般产出受精卵，之后便将卵交于自然环境；而鸟类和哺乳类动物则抚养它们的后代，因此它们从出生之时起就与生命的接触更密切。随着时间的推移，它们与大地和矿物质的亲密关系逐渐被对其他生物的依赖所取代。舒适地生活在动物温暖的消化系统里的寄生虫，可能永远没有机会接触有机生物外部的环境。社会性生物也是如此：虽然蚂蚁可以生活在地下，但是它们的个体生命更依赖的是其他蚂蚁而不是周围的土壤。社会化的加深正是生命递增的相依共生关系的另一种形式。人类正是一个越来越依赖生命而不是非生物的极端例子。

只要有可能，进化就努力地牵引生命远离惰性与自己更紧密地结合，从无到有创造出令人满意的东西。

递增的进化力。1987年，来自剑桥的动物学家理查德·道金斯在第一届人工生命研讨会上发表了一篇题为《进化性的进化》（*e Evolution of Evolvability*）的论文，文中他仔细研究了进化的自身进化的可行性和有利条件。差不多在同一时间，克里斯·托弗威尔斯在《基因的智慧》（*Wisdom of the Genes*）一书中，也公布了关于基因如何控制自己的进化力的推断。

道金斯的灵感源于他在生物形态领域创造人工进化的尝试。他意识到，在扮演上帝时，偶尔为之的创新不但会给个体提供直接进步的机会，而且可以看作是一种“进化的怀孕”，并且使得后代能够在更大的范围内变异。他拿现实中第一个分化出来的动物为例，他把它看作是“一个怪物……而并非一个成功的个体”。但动物分化这个事件是生命进化的一个分水岭，由此分化出的一系列后裔成为了进化的赢家。

道金斯提出了更高一层的自然选择，“它所偏爱的类型，不仅仅能成功地适应环境，而且能朝着既定的方向进化，或者只要保持进化就

好”。换言之，进化不仅选择生存力，也选择进化力。

进化的能力并非由某个单一的特征或参数来表示——譬如说突变率，而突变率也确实在生物体的进化力中有一定的作用。一个物种如果不能产生必要的变异，就不能进化。物种改变自身的能力与其行为的可塑性一样，在它的进化力中占有一席之地。而基因组的灵活性则是至关重要的。归根结底，一个物种的进化力属于系统特征，它不会只体现在某个局部，正如一个生物的生存力也并非由某个局部来决定一样。

如同进化所选择的所有特性一样，进化力必须是可以累积的。一个还很弱小的创新一旦被接受，就能够作为一个平台，产生竞争力更强的创新。籍着这种方式，星星之火，可以燎原。在一个很长的时期内，进化力都是生存力的一个必不可少的组成部分。因而，一个生物族谱，如果其基因能够增强进化力，那么它就会累积起进化的决定性力量（和优势），代代相传，生生不息。

进化之进化就像是一个阿拉丁神灯不会给予你的愿望：即获得另外三个愿望的愿望。这是一股合法改变游戏规则的力量。马文·明斯基注意到在儿童心智的发育中存在着“类似对改变其自身的规则做出改变的力量”。明斯基认为：“仅仅依靠不断地积累越来越多的新知识，心智不能真正很好地成长。它还必须开发出更新更好的运用已有知识的方法。这就是派普特原理：心理发育过程中的一些最关键的步骤，不仅仅建立于获取新技能的基础之上，而且建立于获取运用已知知识的新的应用方法的基础之上。”

对变化做出改变的过程是进化的更高目标。进化之进化并非意味着突变率在进化，尽管它的确促成了突变率的进化。事实上，长期以来，不论是在有机界，还是在机器世界乃至超生命界，突变率都基本保持恒定不变。（突变率达到几个百分点之上或是低于百分之一一个百分点都是非常罕见的情况。理想的数值大约在十分之一一个百分点左

右。这意味着在一千个想法中只要有一个荒谬狂野的想法，就足以保持事物的进化。当然，某些情况下千分之一也是一个很疯狂的比例。)

自然选择倾向于维持一个能保证最大进化力的突变率。与此同时，自然选择会将系统的所有参数都移至有利于进一步自然选择的最优点上。而这个进化力的最优点是一个移动的目标，达成这个目标的动因也即是使其漂移的动因。在某种意义上，一个进化系统是稳定的，因为它会不断回归到最优进化力的状态。但是因为这个最优点是变化的——就像镜子上变色龙的颜色——这个系统又永远处在非均衡状态。

进化系统的本质，是一种产生永恒变化的机制。永恒的变化并非重复出现的周期变化，不像万花筒那样缺乏想象力。那是真正永恒的活力。永恒的变化意味着持续的不平衡，永远处在即将跌落的状态。它意味着对变化做出变化。这样一个系统将永远处在不断改变现状的边缘上。

回过头来说，既然进化的能力是由其进化而来，那么最早的进化又是从什么地方开始的呢？

如果我们接受这样一个理论：即生命进化起源于某些类型的非生命，或者说原生命，那么进化必然早于生命。自然选择是一个非生命的后续过程；在原生物群体中也能起到很好的作用。一旦进化的基本变异运作起来，形式的复杂性所允许的更复杂的变异就加入进来。我们在地球生物化石记录中所看到的，是不同类型的简单进化逐步累积、最终形成一个有机整体的过程，我们如今称之为进化。进化是许多过程的综合，这些过程形成一个进化的群体。进化随着时间的推移而进行，因此进化本身的多样性、复杂性和进化力也增长了。正所谓，变自生变。

## 21.4 土狼般的自我进化

对进化之进化可作如下概述。起初，进化启动了各色自我复制，产生足够的数量以诱发自然选择。一旦数量膨胀，定向的突变就逐渐重要起来。接下来，共生开始成为进化的主要推动者和振荡器，依靠自然选择产生的变化来滋养。随着形态的增大，对形态的制约开始形成。随着基因组长度的增长，内部选择开始控制基因组。随着基因的集结，物种形成和物种级别的选择即行闯入。由于生物体拥有了足够的复杂性，行为和肢体的进化显露出来。最终，智力萌芽，拉马克式的文明进化取而代之。随着人类引入基因工程和自编程的机器人，地球上的进化将继续进化。

因此，生命的历史，就是一个由各种进化组成的进程，而这些进化则是由不断扩展的生命复杂性所驱动的。由于生命变得越来越层次化——基因、细胞、组织、物种，进化也改变了其对象。耶鲁大学的生物学家利奥·巴斯称，在进化之进化的每一个阶段，受制于自然选择的单位层级在提高。巴斯写道：“生命的历史就是一个选择不同单位的历史。”自然选择选择的是个体；巴斯认为构成个体的部分一直在随时间发生演变。举个例子来说，数十亿年前，细胞是自然选择的单位，但最终细胞组合起来构成了组合体，自然选择就转而选择它们的组合体——多细胞有机生命体，将其作为个体来选择。看待这个问题的角度之一，就是看构成进化个体的组成部分进化出了什么。起初，个体是一个稳定的系统，然后是分子，然后是细胞，然后是一个生物体。接下来是什么呢？自达尔文以来，许多富有想象力的进化论者就提出了“群选择”，即那种以物种组群为单位，好像一个物种就是一个个体的进化。某些种类物种的生存或者灭绝，不是因为这种生物体的生存力，而是因为其物种性中不为人知的某些特质——或许是进化力吧。

群选择仍然是一个有争议的观点，而巴斯所做的结论更具争议性。他认为“进化的主要特性在自然选择单位的转换中形成”。因此，

他说：“在每一个转型期——在生命发展史中每一个有新的自我复制单位出现的阶段，涉及自然选择运作模式的规则都发生了彻底改变”。简而言之，大自然的进化本身也进化了。

人工进化也将经历同样的演变过程，既是人工的，也是自然的。我们会把它设计成能够完成指定的工作，也能培育出一些人工进化的新物种来把某些特殊的工作做得更好。这样许多年多之后，你也许就能够从目录里选用一个特定的人工进化的品牌，恰好符合你所需的新颖度，或者是恰到好处的自导向。不过，人工进化与其他任何进化系统一样，也会拥有某种偏好。任何一个种类，都绝对不会完全接受我们的控制，它们拥有自己的进化日程。

如果真的存在各种各样的人工进化，并且在我们称之为进化的那个东西中真的有各种各样的子进化过程，那么，这个更大的进化，这个变化之变化的特征是什么？这个超进化——不但包括一般级别的进化，而且包括穿行其中的更大进化——它的特征是什么？它又通往何方？进化究竟想要做什么？

我核对证据，确定进化的目标正是它自己。

进化的过程不断地集中力量，一次次及时地再造自己。每一次改造，进化都变成更有能力改造自己的过程。因此，“它既是来源，又是结果。”

进化的数学并非驱使它造出更多的火烈鸟、更多的蒲公英，或者更多的其他生物实体。多产不过是进化的副产品——瞧，孵化数百万的青蛙——而非目标。相反，进化的方向是实现自我。

生命是进化的培养基。生命提供了生物组织和物种的原材料，从而使进化得以进一步进化。没有浩浩荡荡日益复杂化的生物，进化就

无法进化出更大的进化力。所以，进化产生复杂性和多样性以及成百上千万的存在，从而为自己拓展空间，使进化成更强大的进化者。

所有自进化者必须是像土狼一样高明的魔术师。这位魔术师对自身的改造永远也不满意。它总是抓住自己的尾巴，把自己里外翻转，变成更复杂、更柔韧、更花俏、更依赖自己的东西，然后会再次无休无止地努力去抓自己的尾巴。

宇宙容忍这种几近残酷的进化积蓄更为强大的进化力，究竟得到了什么？

我所能看到的，就是可能性。

而且，在我看来，可能性是蛮不错的终点。

---

[1] 庞氏骗局（Ponzi Scheme）：一种金融诈骗，类似传销，相似的还有“金字塔骗局”（Pyramid Scheme）。简单来说就是用后来投资者的钱冒充前期投资者的收益。庞氏骗局是一种最古老和最常见的投资诈骗，这种骗术是一个名叫查尔斯·庞齐（Charles Ponzi）的投机商人“发明”的。

[2] 以太（Ether或Aether）：是古希腊哲学家所设想的一种物质。人们认为它充满宇宙，无处不在，是传导电磁波、引力等场力的介质。但后来的实验和理论表明，许多物理现象并不需要以太的存在就能很好地解释，换言之，没有观测和理论支持以太的存在，因此以太理论逐渐被科学界所抛弃。

[3] 卡诺（Sadi Carnot, 1796~1832）：法国物理学家和军事工程师，1824年提出了热机工作的“卡诺循环”，在此之上奠定了热力学第二定律的基础。此外他还提出了“卡诺效率”、“卡诺定律”、“卡诺热机”等概念和理论，被尊为“热力学之父”。

[4] 生机论（Vitalism）：又称活力论，一种认为生命体充满了非生命体所没有的机能上的力量的学说。该学说主张有某种特殊的非物质的因素支配着生物体的活动，超越了自然科学法则的限制。

[5] 《奇妙的生命》：Wonderful Life – The Burgess Shale and the Nature of History, 1990年出版。

[6] 伯吉斯页岩化石群（Burgess Shale Fossils）：发现于1909年。当时美国科学家沃尔柯特加拿大西部落基山脉5.15亿年的寒武纪中期黑色页岩中，发现大量保存完美、造型奇特的动物遗骸。在所收集的6.5万件珍贵标本中，科学家们陆续辨认出几乎所有现存动物每一个



门的祖先，还有许多早已绝灭了的生物门类，这就是著名的伯吉斯动物化石群。这一发现震撼了当时的科学界，导致了人们对寒武纪大爆发的猜想。

[7] 《美好人生》（*It's a wonderful life*）：拍摄于1946年的经典黑白片，每年圣诞节都会重播。剧情温情而充满幻想，主人公吉米·斯图尔特（*Jimmy Stewart*）在圣诞夜丧失了对生活的信心，准备自杀。于是，上帝派了一个天使，来帮他渡过这个危机。在天使的指引下，吉米看到了如果这个世界上没有自己，很多人的人生会变得不幸和痛苦。他由此明白了自己生命的价值何在，重新鼓起了生活的勇气。

[8] 《为大脑而设计》：*Design for a Brain: The Origin of Adaptive Behavior*，1952年出版。

[9] 柯普法则（*Cope's rule*）：指生物在进化过程中体型随时间推移而逐渐增大的规律。

## 第二十二章 预言机

### 22.1 接球的大脑

“给我说说未来吧，”我恳请道。

我现在正坐在导师办公室的沙发上。经过了一段艰苦的跋涉，我才来到这个位于地球能量点之一的高山哨站——新墨西哥州洛斯阿拉莫斯国家实验室。导师的办公室里，贴满了各种色彩斑斓的过去的高科技会议的海报，勾画出他近乎传奇的履历：他，还是标新立异的物理系学生时就拉一帮嬉皮黑客成立了一个地下组织，在拉斯维加斯利用可穿戴式计算机赢光了庄家的钱；他，通过研究滴水的水龙头，成了一帮离经叛道的科学家中的主要人物，正是他们发明了之后迅速发展的混沌科学；他，是人工生命运动之父；他，现在在洛斯阿拉莫斯原子武器博物馆斜对面的小实验室里领导研究复杂性这门新科学。

导师多恩·法默，又高又瘦，看上去三十多岁的样子，很像戴了饰扣式领带的伊卡伯德·克瑞恩。多恩正在着手开始他下一个不同寻常的冒险：开办一家公司，通过计算机模拟来预测股价，然后打败华尔街。

“我一直在思考未来，我有一个疑问，”我开口道，“你是想知道IBM的股票到底是会涨还是会跌！”法默带着一脸歪笑提示道：“不。我想知道未来为什么这么难以预测。”“哦，这个简单。”

我之所以探询预测未来的问题，是因为预测是控制的一种形式，是一种尤其适合分布式系统的控制形式。通过预期未来，活系统能够改变其姿态，预先适应未来，以这种方式掌控自己的命运。约翰·霍兰德说：“复杂自适应系统所做的，就是预测。”

在对预测机制进行剖析的时候，法默最喜欢用这个例子来进行说明：“来，接着！”说着就朝你扔过来一个棒球。你抓住了球。“你知道你是怎么接住这个球的吗？”他问道，然后回答：“通过预测。”

法默坚信你的脑子里有一个关于棒球是如何飞行的模型。你可以采用牛顿的经典力学算式 $F=ma$ 来预测一个高飞物体的运动轨迹，但是你的大脑本身却并没有存储这样的基本物理学算式。更确切地说，它直接依照经验数据建立起一个模型。一个棒球手成千次观察球棒击飞棒球的情景，成千次举起戴着棒球手套的手，成千次利用戴手套的手调整他的预测。不知怎么的，他的大脑就逐渐编制出一个棒球落点的模型——一个几乎跟 $F=ma$ 不相上下的模型，只不过适用范围没有那么广而已。这个模型完全建立在过去接球过程中产生的一系列手/眼数据的基础上。在逻辑学领域中，这样的过程统称为归纳，它与导出 $F=ma$ 的推演过程截然不同。

在天文学的早期，也就是在牛顿的 $F=ma$ 出现之前，天体事件的预测都是根据托勒密的嵌套圆形轨道模型做出的——一环套一环。由于建立托勒密理论的核心前提（即所有天体都绕着地球转）是错误的，所以每当新的天文观察提供了某个星体更精确的运动数据时，都需要修正这个模型。不过，嵌套的复杂结构惊人地坚固，足以应付层出不穷的修修补补。每次有了更好的数据，人们就在圆环套圆环套圆环的模型里面再加一层圆环，用这种方法来调整模型。尽管有各种严重错误，这个巴洛克风格的模拟装置仍然行得通，而且还会“学习”。托勒密的这个头脑简单的体系，为日历的调节以及对天象的实际预测，恰好地服务了1400年！

一个棒球外野手基于经验形成的空中飞行物的“理论”，很像托勒密行星模型的后期阶段。如果我们解析外野手的“理论”的话，就会发现它是不连贯的、即兴的、复杂的，而且是近似的。但是，它也是可以发展的。这是一个紊乱的理论，但它不仅有效，而且还能提高。如果非要等到每个人都能弄明白 $F=ma$ 这个算式（弄明白半个 $F=ma$ 还不如什么都不懂）再行动的话，就根本没有人能接住任何东西。就算你现在了解了这个算式，也没什么用。“你可以用 $F=ma$ 来求解飞行中的棒球问题，但你不能在外场实时解决问题。”法默说。

“现在，接着这个！”说着，法默又扔出了一个充好气的气球。这东西在房间里放肆地漂来弹去，像喝醉了酒似的。谁也接不住这东西。而这正是混沌的一种经典表现——一个对初始条件具有敏感依赖的系统。气球在发射时的一点微不可查的变化，也能被放大成飞行方向的巨大改变。尽管 $F=ma$ 这条定律仍然支配着气球，但是，另有一些力量，比如推动力、空气抬升的推与拉，造成了运动轨迹的不可预测性。在这混沌之舞中的歪歪斜斜的气球，反映的是太阳黑子周期循环、冰河时期的气温、流行性传染病、沿着管道流动的水的种种难以捉摸的华尔兹，更为切题的，是股票市场的波动。

可是，难道气球的运行轨迹真的不可预测吗？如果你试图用算式来解决气球那摇摇晃晃的飞舞运动，你会发现它的路径是非线性的，因此它几乎是不可解的，因此也是不可预测的。尽管如此，一个玩任天堂公司（一家日本游戏公司）的游戏长大的十几岁的小孩，却可以学会如何接气球。虽说不是完全准确无误，但是却比单纯靠运气要强多了。只要接过几十次之后，小孩的大脑就开始根据所获得的数据来构筑某种理论，或者说构筑某种直觉，某种归纳。放飞了上千次的气球之后，他的大脑就已经构建出了这个橡皮球的飞行的某种模型。这样的模型虽然不能精确地预测出这球到底会落到什么地方，但是却能探查出行物的飞行意向，比如说，是往发射的相反方向飞，还是按照某种模式绕圈子。也许，随着时间的推移，这个人抓气球的成功

率，要比纯粹靠运气去抓高上10个百分点。关于抓气球，你还能有什么更高的要求呢？某些游戏里，并不需要太多的信息就可以做出有效的预测。比如逃离狮口或者投资股票的时候，哪怕只是比纯粹的运气高那么一点点，也是有重大意义的。

几乎可以明确地说，“活系统”——狮群、股票市场、进化中的种群、智能等，都是不可预测的。它们所具有的那种混乱的、递归式的因果关系，各个部分之间互为因果的关系，使得系统中的任何一个部分都难以用常规的线性外推法推断未来。不过，整个系统却能够充当分布式装置，对未来做近似的推测。

为了破解股票市场，法默在推导金融市场动向方面下了大力气。“市场的可爱之处就是，其实不需要太多的预测，就可以做很多事情。”法默说。

报纸灰色的末版里，有股票市场上下波动的走势图，只显示两个维度：时间和价格。从有股票市场的那一天起，投资者们就已经在细心解读这个在二维之间摆动的黑色线条，希望从中找出某种能够预测股市走向的模式来。只要是可靠的，哪怕只是模糊的方向性提示也能让人获得不菲的收获。正因为如此，推介这样那样的预测图表来判断未来走向的昂贵金融通讯，才会成为股票界的一个永久附件。从事这个职业的人就被称为图表分析师。

在20世纪70年代和80年代，图表分析师在货币市场的预测方面有了一点成功，这是因为，按照一种理论的说法，中央银行和财政部在货币市场中的强势角色约束了各种变量，因而可以用一种相对简单的线性算式来描述整个市场的表现。（在线性算式中，一个解可以用一条直线在图中表示。）而当越来越多的图表分析师利用这种简单的线性算式成功地找出各种趋势之后，市场的利润也就越来越薄了。自然而然地，预测者们开始把目光投向那些更为狂野和更为杂乱的地方，那些仅由非线性算式统治的地方。在非线性系统中，输出与输入之间

并不成比例。而世界上绝大多数的复杂系统——包括所有的市场，都是非线性的。

随着价格低廉、具有产业优势的计算机的出现，预测者们对非线性的某些方面已经能够理解。金融价格可以体现为一种二维曲线，而通过对这种二维曲线背后的那种非线性现象进行分析，提取出可靠的模式，就可以挣钱，而且是大钱。这些预测者可以推测出图形的未来走向，然后在预测上下赌注。在华尔街，人们把破解出这种或者那种神秘方法的电脑呆子称为“火箭科学家”——股市分析高手。而这些西装革履、在各种交易公司的地下室里工作的技术怪才们，其实就是20世纪90年代的黑客。多恩·法默这位前数学物理学家，还有那些原来跟他一起进行数学冒险的同事们，将美国境内离华尔街远得不能再远的地方——圣达菲的四间砖房作为办公室，现在已经是华尔街最炙手可热的股市分析高手。

在现实中，影响股票二维图形轨迹的因素不是几个，而是数千个。当我们把股票的数千个向量绘制成一条线时，它们都被隐藏起来，只显现出了价格。同样的情况也会发生在我们用图形来表示太阳黑子的活动或者气温的季节性变化时。比如，你可以在平面图上用一条简单的、随时间变化的细线表示太阳的活动轨迹，但是，那些影响到这条线的各种因素却令人难以置信地复杂多样，相互纠结，反复循环。在一个二维曲线的表面背后，活跃着驾驭这条曲线的力量的混乱组合。股票、太阳黑子或气候的真正图表都会包括一个为所有影响力准备的轴，因而这张图也会成为一种难以描绘的千臂怪物。

数学家一直努力寻找驯服这些怪物的方法，他们称之为“高维”系统。任何有生命的造物、复杂的机器人、生态系统或者自治的世界，都是一个高维系统。而形式之库，就是一个高维系统的建筑。仅仅100个变量，就可以创造出一群数量巨大无比的可能性。因为每一个变量行为都和其他99个行为互相影响，所以如果不同时对这个相互作用的

群体整体进行考察的话，你根本无法考察其中的任何一个参数。比如说，哪怕是一个简单的只有三个变量的气候模型，也会通过某种奇怪的回路连回到自己身上，从而哺育出某种混沌，让任何一种线性预测都成为不可能。（最初就是因为在气象预测上的失败才发现了混沌理论。）

## 22.2 混沌的另一面

流行的观点认为，混沌理论证明了这些高维的复杂系统——比如天气、经济、行军蚁，当然还有股票价格，其本质上是无法预测的。这种设想如此坚不可破，以至于人们通常认为，任何一种用来预测这些复杂系统输出结果的设计，都是天真的，要不然就是疯狂的。

可是，人们大大地误解了混沌理论。它还有另外一个面孔。出生于1952年“婴儿潮”的多恩·法默用黑胶唱片打了个比方：他指出，混沌就好像是一个双面都录有音乐的热门唱片。

正面的歌词是这样的：根据混沌定律，初始秩序可以分解为原不可预测性。你无法做出远期预测。

另外一面则是这样的：根据混沌定律，那些看起来完全无序的东西，在短期内可以预测到。你可以做出近期预测。

换句话说，混沌的特性，既载有好消息，也带有坏消息。坏消息是：可做远期预测的东西，即便有，也只是一点点。而好消息，也就是混沌的另一面则是：就短期而言，有更多的东西可能比其第一眼看上去更具可预测性。而无论是高维系统的长期的不可预测性，还是低维系统的短期的可预测性，都来源于同一个事实，即“混沌”和“随机”是两回事。“在混沌中存在着秩序，”法默说。



法默肯定知道。早在混沌形成科学理论、成为时尚的研究领域之前，他就是探索这一黑暗领域的一位先驱。20世纪70年代，在时尚的加利福尼亚小城圣克鲁斯，多恩·法默和朋友诺曼·帕卡德共同建立了一个计算机迷嬉皮士公社来实践集体科学。他们同住，同吃，同煮，一起寻找解决问题的方法，一起分享科学论文的荣誉。作为混沌社成员，这伙人研究的是滴水的水龙头和其他看似随机生成的设备的古怪物理学。法默对轮盘赌的轮盘特别着迷。他坚信表面上随机旋转的轮盘里，一定隐藏着某种秩序。如果有人能在这旋转的混沌中找出隐秘的秩序，那么……哎呀，他就发财了……发大财。

1977年，在苹果机这样的商用微机诞生之前很久，圣克鲁斯的混沌社造出了一组可手动编程的小微机，装在三个普通皮鞋的底部。这些计算机用脚趾键入信息；它们的功能，是预测轮盘赌中小球的走向。法默的团队从拉斯维加斯买来二手轮盘机架在公社拥挤不堪的卧室里，对其进行研究。这种自制的计算机，运行的就是由法默依据小组的研究成果编制的代码。法默的计算机算法不是基于轮盘赌的数学规律，而是基于轮盘的物理规律。从根本上说，混沌社的编码，在鞋子里的芯片内模拟了整个轮盘赌旋转的轮盘和弹跳的小球。它完成这种模拟只用了微不足道的4K内存，而那个时代，计算机还是一些需要24小时的空调和专门人员照顾的巨型怪兽。

这个科学公社，曾经不止一次把混沌的另一面翻出来，场景大致如此：在赌场里接上线，由一个人（通常是法默）穿上一双魔法鞋来测定轮盘操作员对轮盘的弹击、球的跳动速度以及轮盘摆动的倾角。附近，同社的一个人穿着第三只无线电信号联接的魔法鞋，在台面上实际下注。而在这之前，法默已经用脚趾头调整他的算法，仿定了赌场的一部轮盘机。此时，就在小球落下到最终停下来之间的短短15秒左右的时间里，他的鞋计算机就模拟完成了这个球的整个混沌运行过程。法默用他的右脚大趾点击预测装置，生成这个球的未来落点的信号，其速度要比一个真球落到号码杯中的速度快上大约100万倍。法默

动一下左脚大趾，把这个信息传递给他的同伙，后者从他自己的脚底“听”到这个信息，然后，一本正经地在小球落定之前把筹码放到已经预先确定了方格中。

如果一切都运转良好的话，这一注就赢了。不过，这个系统所预测的从来都不是那个会赢下赌注的准确号码；混沌社员是一些现实主义者。他们的预测装置预报出一小片相邻的号码——轮盘的一个小扇面，作为球在赌桌上的目的区。而参赌的同伙则会在小球停止转动的过程中在这个区域内遍撒筹码。最后，其中一个赢得赌注。尽管下在它旁边的那些筹码输了，可这个小区域作为一个整体，往往能赢，而且足以超过赔率。从而挣到钱。

后来，因为这个系统的硬件不可靠，小组把整个系统卖给了别的赌博者。不过，从这次冒险中，法默却学到了三件对于预测未来非常重要的事情：

首先，你可以抽取混沌系统内在的固有模式，取得良好的预测。

其次，进行一次有用的预测用不着看得太远。

第三，即使是一点点有关未来的信息，也是非常有价值的。

## 22.3 具有正面意义的短视

法默牢记着这些经验，又跟另外5个物理学家（其中一个是前混沌社成员）组建了一个新公司。这一回，他们要破解的是所有赌徒的梦想：华尔街。而且，这一回，他们将用上高性能的计算机。他们会把这些计算机装上实验性的非线性动力，以及火箭科学家秘不外传的其他诀窍。他们将从旁思考，让这种技术在没有他们控制的情况下承担

尽可能多的责任。他们要创造出东西，如果你愿意也可以说，创造出有机体来，它能自行完成数百万美元的赌博。他们会让这个有机体.....（嗯，请把鼓擂起来）预测未来。这帮老练的家伙有点虚张声势地挂出了新招牌：预测公司。

预测公司里的这些人领会到，要想在金融市场里挣到大钱，只要能够提前几天预见要发生的事情就足够了。的确，法默和同事们待过的圣塔菲研究所最近的研究就解释了“看得远并不意味着看得好”。当你埋首真实世界的复杂性时，少有清晰界定的选择，不完全的信息又蒙蔽了所有的判断，这个时候，要评判过于遥远的选择就达不到预期的目的了。尽管这个结论似乎符合人类的直觉，但是，我们还不清楚为什么它也应该符合计算机和模型世界。人类的大脑很容易分散注意力。但是，假定说，你已经拥有了无限的计算能力，而且专注地执行着预测的任务。那么，为什么看得更深更远还并不是更好呢？

这个问题的简单答案就是：当极小的误差（由有限的信息引起的）持续到非常遥远的未来的时候，将会汇聚成极为严重的误差。即使计算本身是免费的（而它从来就不是免费的），处理这些成指数增长、被误差污染的可能性所需要的代价也是巨大的，而且根本就不值得付出。圣塔菲研究所研究员、耶鲁大学经济学家约翰·吉纳考普劳斯和明尼苏达的教授拉里·格雷曾经用一个国际象棋比赛的计算机程序作为他们预报工作的试验台。（最好的计算机象棋程序，比如顶级的“深思”程序，能够击败除几个最顶尖的大师之外的所有人类棋手。）

结果却和计算机科学家们的预料完全相反，无论是“深思”程序，还是人类的象棋大师，其实都不需要看得太远就能下出非常好的棋。这种有限的前瞻就是所谓的“有正面意义的短视”。一般来说，这些大师会首先纵览盘面的局势，只对各个棋子下一步的走法做一个预测。接下来，他们会挑选出最可能的一种或两种走法，更深入地去考虑这些走法的后果。尽管每多向前推演一步，可能的走法就会以指数的数

量级爆炸性增长，但是在每一个回合，那些伟大的人类大师却只会把注意力集中在有限的几个最有可能的应对着法上。在遇到以往经历过的熟悉环境、深知其间利害取舍的情况下，他们偶尔也会往前多探几步。但是，一般来说，大师们（现在再加上“深思”）都是凭经验布置棋局。例如：首选那些增加选择余地的着法；避开那些结果不错但要求弃子求兑的着法；从那些毗邻多个有利位置的有利位置着手。在对局势的前瞻与切实通盘关注当前状况之间取得平衡。

我们每一天都会遇到类似的折中。无论在商业、政治、技术还是生活中，我们都必须预估隐匿在犄角旮旯的情况。可是，我们从来都得不到充足的信息来做出完全有见地的决策。我们在黑暗中经营。为了做出补偿，我们只能凭借经验或者粗略的指导原则，而国际象棋中的经验规则，是可以指靠的相当不错的生活规则。（我的女儿们，这里注意了：首选那些增加选择余地的着法；避开那些结果不错但要求弃子求兑的着法；从那些毗邻多个有利位置的有利位置着手。在对局势的前瞻与切实通盘关注当前的状况之间取得平衡。）

常识使这种“有正面意义的短视”具体化。与其花费数年的时间去搞一本预测一切可能发生状况的公司员工手册——它在付印之际就过时了，不如采用那种有正面意义的短视，也不要去想那么远，这显然要好得多。也就是说，先设计出一些一般的指导原则来应对那些看起来一定会在“下一步”发生的事情，等那些极端事例真的发生的时候再来应付。如果你身在一个陌生的城市，又想在交通高峰时段出行，你可以在地图上计划好穿越整个城市的详细路线——想得比较远，又或者试探一下，比如“一直向西，到达沿河路时，再左转”。通常，我们两种方法都会尝试一些。我们会尽量忍着不去想得太过远，又确实会关注眼前马上要发生的事情。我们会蜿蜒向西，或上坡，或下坡，同时，不管到了哪里，都会拿出地图看看下一个马上要到的路口。我们使用的方法，实际上是由经验规则引导的有限的前瞻。

预测机制即使看起来没有先知的样子也一样好使，只要它能从随机和复杂的伪装背后发现有限的模式——几乎什么样的模式都行。

## 22.4 从可预测性范围里挣大钱

按照法默的说法，有两种不同的复杂性：内在的和表面的。内在的复杂性是混沌系统“真正的”复杂性。它造成晦暗的不可预测性。另外一种复杂性是混沌的另外一面，掩盖着可利用秩序的表面复杂性。

法默在空中画了一个方框。往上，表面复杂性增加；对角向上穿过正方形，内在复杂性增加。“物理学通常是在这里工作，”法默指着两类复杂性低端共聚的底角，即那个简单问题所在的区域说道。“而到了那边，”法默指着方框中跟这个底角相对的那个上角说道，“都是些难题。不过，我们现在是要滑到这个位置，到了这里，问题就会比较有趣——这里表面的复杂性很高，而真正的复杂性仍然保持比较低的水平。到了这里，复杂的难题中有些成分是可以预测的。而那些正是我们要在股票市场中找的东西。”

预测公司希望能够借助那些简陋的计算机工具，那些占了混沌的另一面的便宜的工具，来消灭金融市场中简单的问题。“我们正在运用我们能找到的所有方法，”前混沌社成员，公司的合伙人诺曼·帕卡德说道。这个想法是把得到了验证的各种来路的模式搜寻策略都变成数据，然后“不断地敲打它们”，以此对算法进行最优化。找到模式最清晰的提示，然后使真相大白。这是一种赌徒的心态：任何利益都是利益。

激励法默和帕卡德的信念是从他们自己的经验中得来的，即混沌的另一面非常稳定，足以依赖。没有比他们在拉斯维加斯的轮盘赌试验中挣到的那一大把实实在在的钞票更能打消疑虑的了。不利用这些

模式就太傻了。正如那位记录他们高赢率冒险尝试的作者《幸福的馅饼》（*Eudaemonic Pie*）一书里大声疾呼的那样：“干嘛不在鞋里穿上计算机去玩轮盘赌？”

除了经验之外，法默和帕卡德在他们通过混沌研究创造出来的颇受人敬重的理论中还注入了大量的信念。不过，他们现在还在测试自己最狂野、最有争议的理论。与绝大多数经济学家的怀疑相反，他们相信其他那些复杂现象中的某些区域也能精确预测。帕卡德把这些区域称为“可预测性范围”或者“局部可预测性”。换句话说，不可预测性在整个系统中的分布并不是统一的。绝大多数时间，绝大多数复杂系统也许都不能预报，但是其中一小部分也许可以进行短期预报。回头去看，帕卡德相信，正是这种局部的可预测性才让圣克鲁斯混沌社通过对轮盘上的小球的近似路径进行预报来挣到钱的。

即使真的存在这种可预测性范围，它们也肯定被掩埋在一大堆不可预测性之下。局部可预测性的信号，会被上千个其他变量产生的盘旋杂乱的干扰所掩盖。而预测公司的6位股市分析高手，则利用一种混合了旧与新、高端与低端的搜索技术来对这个庞杂的组合信号堆进行扫描。他们的软件既搜寻那些从数学上来讲属于高维空间的金融数据，也寻找局部区域——不管什么样的局部区域，只要它能够和可预测的低维模式相匹配就好。他们是在金融的宇宙中寻找秩序的迹象——任何秩序。

他们做的这种实时的工作，也可以称为“超实时”的工作。就跟在鞋子计算机里模拟出来的弹跳球会在真球停下来之前停下来一样，预测公司的这种模拟金融模式也会比在华尔街那边的实际运行要快。他们在计算机里重新制定股票市场的一个简化部分。当他们探测到正在展开的局部秩序的波动时，就会以比真实生活更快的速度进行模拟，然后把筹码下在他们想见的这一波动可能结束的点位。

戴维·拜瑞比曾经在1993年3月的《发现》杂志上用一种非常可爱的比喻来形容这种寻找可预测性范围的过程：“看着市场中的混沌，就好像看着波涛汹涌、浪花四溅的河流，它充满了狂野的、翻滚着的波涛，还有那些不可预料的、不断盘旋着的漩涡。但是，突然之间，在河流的某个部分，你认出一道熟悉的涡流，在之后的5~10秒内，就知道了河流这个部分中的水流方向。”

当然，你是没有办法预测水流在下游半英里处的流向，但是，就有那么5秒钟——或者在华尔街那5个小时的时间里，你可以预测这个演示的进展。而这也正是你致用（或者致富）所需要的。找出任意一个模式，然后利用它。预测公司的算法，就是抓住飞逝的一点点秩序，然后利用这个转瞬即逝的原型来挣钱。法默和帕卡德强调说，当经济学家们遵循职业操守对这些模式的原因进行挖掘的时候，赌徒们却没有这种约束。预测公司的重要目标并不是模式形成的确切原因。在归纳式的模型——预测公司构造的那种模型中，事件并不需要抽象的原因，就跟具有意念之中的棒球飞行路线的外野手，或者一只追逐抛出的棍子的狗一样不需要抽象的原因。

应该操心的，不是这类充斥着因果关系循环的大规模集群式系统中因与果之间模糊不清的关系，而是如法默所说：“要击败股票市场，关键性的问题是，你应该关注哪些模式？”哪些模式掩盖了秩序？学会识别秩序而不是原因，才是关键。

在使用某个模型下注之前，法默和帕卡德会用“回溯”的方法对它做一个测试。在运用“回溯”技术（专业的未来学家常用到的方法）时，要通过来自人力管理模型中的最新数据建立模型。一旦系统在过往数据，比如说20世纪80年代的数据里，发现了某种秩序，就把过去那几年的数据提供给它。如果系统能够依据80年代地发现准确地预测出1993年的结果，那么这个模式搜索器就可以拿到奖章了。法默说：“系统得出20个模型。我们会把所有这些模型都运行起来，用诊断



统计学把它们筛一遍。然后，我们6个人就会凑在一起，选出真正要运行的那个。”这种建模活动，每一轮都可能要在公司的计算机上运行上好几天。不过，一旦找到了某种局部秩序，根据这种秩序进行预测就只需要百万分之一秒的时间。

最后一步，也就是在它手里塞上大捆的真钱来实际运行这个程序，还需要这几位博士中的一位在键盘上敲一下“回车”键。这个动作就会把选定的算法投入到那个高速运转、钱多得能让脑子停转的顶级赛事的世界。割断了理论的缰绳，自动运行起来，这个充实起来的算法就只听到它的创造者们喃喃低语：“下单啊，傻瓜，下单啊!”

“只要我们能够超过市场盈利5个百分点，那么我们的投资者就能挣到钱了。”帕卡德说。关于这个数字，帕卡德是这么解释的：他们能够预测出55%的市场走向，也就是说，比随机的猜测高出5个百分点，不过，如果他们真的猜对了话，那么最终得到的结果会高出200%，也就是说，比市场的赢率高两倍。那些为预测公司提供金融支持的华尔街大佬（当前是奥康纳及关联公司），可以获得这个算法的独家使用权，作为交换，他们则要根据算法所得到的预测结果的具体表现支付公司一定的费用。“我们还是有一些竞争者的，”帕卡德笑着说道，“我知道有另外4家公司也在琢磨同样的事情，用非线性动力学去捕捉混沌中的模式，然后用这些模式进行预测。其中的两家已经发展起来了。里面还有一些是我们的朋友。”

花旗银行就是使用真钱交易的竞争者之一。从1990年开始，英国数学家安德鲁·科林就已经开始搞交易算法了。他的预报程序首先随机生成数百个假设，这些假设的参数影响着货币数据，然后再用最近5年的数据来检验这些假设。最可能产生影响的参数会被传送到计算机神经网络，由它调整每一个参数的权重，以求更好地与数据吻合，采取给最佳参数组合加权的办法，以便产生出更优的猜测。这个神经网络系统也会不断地把得到的结果反馈回来，通过某种自我学习的方式不

断打磨自己的猜测。当一个模型跟过去的数据吻合，它就会被传送到未来。1992年，《经济学人》杂志曾经有一篇文章这样写道：“经过两年的实验，科林博士估计他的计算机虚拟交易资金能够获得每年25%的回报……这已经是绝大多数人类交易者期望值的好几倍了。”当时伦敦的米兰银行有8位股市分析高手在研究预测装置。他们计划由计算机生成算法。不过，和在预测公司一样，在“敲回车”之前，计算机生成的算法还是要由人类来评估。直到1993下半年，他们一直是用真钱交易。

投资者们喜欢向法默提出的一个问题是，他怎么证明人们确实可以凭借这么一点点信息上的优势就在市场中挣到钱。法默举了一个“现实存在的例子”，即华尔街上像乔治·索罗斯这样的人，通过货币交易或者其他别的交易，年复一年地赚取数百万的金钱。成功的交易者，法默不平地说，“被那些学院派呶呶连声地瞧不起，以为他们只是超级有运气而已——可是证据却显示说事情完全不是这样的”。人类交易者会在无意识中学会如何在随机数据的海洋里识别出那些属于局部可预测性的模式。这些交易者之所以能够挣到数以百万计的美元，是因为他们为了做出预测，先发掘出了模式（虽然他们说不清道不明），然后建成内部模式（虽然他们并未意识到）。他们对自己的模型或理论的了解并不比他们对自己如何抓住飞球的了解更多。他们就这么做了而已。不过，这两种模型都是基于经验，以同样的托勒密式归纳法建立起来的。而这也正是预测公司利用计算机来对飙升的股票进行建模的方法——以数据为起点，自下而上。

法默说：“如果我们在现在所做的事情上取得基础广泛的成功，那就证明机器的预报能力比人强，而且，算法是比米尔顿·弗里德曼还要优秀的经济学家。交易师已经在猜疑这个东西了。他们感受到了它的威胁。”

困难之处是要保持算法的简洁。法默说：“问题越复杂，最后要用到的模型就越简单。跟数据严丝合缝其实并不难，但如果你真的去做了，那你最后一定只是侥幸成功。概括是关键。”

说到底，预测机制其实是生产理论的机制，是产生抽象和概括性的设备。预测机制仔细咀嚼那些看似随机、被鸡爪刨过，源自复杂、活生生的东西的杂乱数据。如果有日积月累的足够大的数据流，这个设备就能从中分辨出星星点点的模式。慢慢地，这种技术就会在内部形成专门特定的模式，以解决如何产生数据的问题。这种机械不会针对个别数据对模式做“过度调校”，它倾向于有几分不精确的概括性的模糊拟合。一旦它获得了某种概括性的拟合，或者说，某种理论，它就能够做出预测。事实上，预测是整套理论的重点。法默宣称：“预测是建立科学理论之后最有用、最实在的结果，而且从许多方面来说，也是最重要的结果。”尽管制造理论是人类大脑擅长的创造性的行为，可是具有讽刺意味的是，我们却没有如何制造理论的法则。法默把这种神秘的“概括模式搜寻能力”称为“直觉”。华尔街的那些“走运的”交易员，利用的恰恰就是这种能力。

我们在生物学中也可以见到这种预测机制。正如一家名为Interval的高技术智囊公司的主管戴维·李德所说，“狗不会数学”，但是经过训练的狗却能够预先计算出飞盘的路径然后准确地抓住它。一般而言，智能或者聪明，根本就是一种预测机制。同样地，对预测与预报而言，所有适应与进化，也都是相对更为温和、分布更为稀疏的机制。

在一次各家公司CEO的私人聚会上，法默公开承认：“对市场进行预测并不是我的长期目标。老实说，我是那种一翻开《华尔街日报》看金融版的时候就觉得无比痛苦的人。”对一个死不改悔的前嬉皮士来说，这也没有什么可奇怪的。法默规定自己花5年的时间研究股票市场预测的问题，大挣一笔，然后转移到更有趣的问题上，比如，真正的人工生命、人工进化和人工智能。而金融预测就跟轮盘赌一样，只不

过是另外一个难题而已：“我们之所以对这个问题感兴趣，是因为我们的梦想是要生产出预测的机制，一种让我们能够对很多不同的东西都进行预测的机制——天气、全球气候、传染病，等等，所有能够产生很多让我们吃不透的数据的事物。”

“最终，”法默说道，“我们希望能够使计算机感染上某种粗略形态的直觉”。

至1993年年底，法默和预测公司公开报告说他们已经成功运用“计算机化的直觉”对市场进行了预测，而且采用了真钱交易。他们与投资者之间的协议不允许他们谈论具体的业绩表现，虽然法默非常想这么做。不过，他确实说过，再过几年，他们就能够获得足够多的数据来“用科学的标准”证明他们在交易上的成功不仅仅是统计上的运气所致：“我们确实在金融数据中找到了在统计上非常重要的模式。确实存在着可预测性范围。”

## 22.5 前瞻：内视行动

在对预测和模拟机制进行调研的过程中，我获得了一个去拜访位于加州帕萨迪那的喷气推进实验室的机会。那里正在开发一种最先进的战争模拟系统。应加利福尼亚大学洛杉矶分校的一位计算机科学教授的邀请，我来到喷气推进实验室。这位教授一直以来都在拓展计算机能力应用的领域。而和很多缺乏资金支持的研究者一样，这位教授也不得不依靠军方的资助来进行他那些前沿的理论实验。按照交易协议，他这一方需要做的，就是挑一个军事方面的问题来检验他的理论。

他的实验台要观察的是大型分散式控制并行计算（我称其为“集群计算”）能怎样提高计算机模拟坦克战的速度，是一种他并不太感兴趣

的应用软件程序。另一方面，我倒真的非常有兴趣看一场顶尖水准的战争游戏。

一到实验室繁忙的前台，就直接进行安检。由于我拜访的是一个国家级的研究中心，而且当时美国军队在伊拉克边境正处于红色警戒的状态，保安已算是相当热情了。我签了一些表格，就我的忠诚和公民身份起誓，别上一个大徽章，然后就跟教授一起被护送到楼上他的舒适的办公室里。在一个灰暗的小会议室中，我遇到了一个留着长发的研究生，他借着研究如何用数学方法来模拟战争的名义，探寻关于宇宙计算理论的某种创新概念。接着，又见到了喷气推进实验室的头头。他因为我作为记者出现在这里感到紧张不安。

为什么？我的教授朋友问他。模拟系统并不是什么机密的东西；研究结果是发表在公开文献中的。实验室负责人的说辞一大堆：“啊，嗯，你看，现在正在打仗，而且，我们在过去差不多一年的时间里都在泛泛推演那个情节——我们选择那个游戏纯属偶然，根本没有预测的意思，现在却真的打起来了。我们开始测试这个计算机算法的时候，总要选择一些情节，随便什么情节，来试用模拟的效果。所以我们就挑了一个模拟的沙漠战争，参战的……有伊拉克和科威特。现在既然这个模拟战争真打起来了，那么我们这里就多少有点像在现场。有点敏感。对不起。”

我没能看到那场战争模拟。不过，在海湾战争结束了大概一年之后，我发现其实并不只有喷气推进实验室一个地方偶然预演了那场战争。佛罗里达州的美军中央司令部在战前就推演了另外一个更有实用价值的沙漠战模拟。美国政府在战前对科威特战争做了两次模拟，愤世嫉俗者认为，美国政府两次模拟了科威特战争，这描画出它帝国主义的嘴脸，以及蓄谋已久发动科威特战争的欲望。而在我看来，预测性的种种场景，与其说它狠毒，倒还不如说它诡异、离奇以及具有指导性。我用这个实例来勾画预测机制的潜能。

在世界各地，大概有24个操作中心进行着这种以美国为蓝军（也就是主角）的战争游戏。这些地方绝大多数都是军校或者训练中心下属的小部门，比如阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地的兵棋推演中心，罗德岛纽波特美国海军军事学院传奇的全局博弈室，或者堪萨斯州莱温沃斯的陆军野战理念部的那个经典的“沙盘”桌面推演装置。而为这些战争游戏提供技术支持以及实用重大知识的，就是一些躲在无数准军事智囊团里面的学术人员或者专业人士，这些智囊团要么沿华盛顿环城路撒布，要么窝藏在如喷气推进实验室、加利福尼亚的劳伦斯·利弗莫尔国家实验室等各个国家实验室角落的研究区夹道里。当然了，这些玩具战争模拟系统，都冠以首字母缩写，比如：TACWAR，JESS，RSAC，SAGA，最近的一份军事软件的目录上，列出了有大约400种不同的军事游戏或者其他军事模型，而且都是列架销售的。

美国的任何一次军事行动，其神经中枢都会设在佛罗里达州的中央司令部。中央司令部作为五角大楼的一个机构，其存在的目的就是像猎鹰一样替美国国会和美国人民紧盯住一个主要的战局，即蓝军对红军这个超级大国之间的游戏，而其中唯一配做美国对手的是苏联。20世纪80年代，诺曼·施瓦茨科夫将军到任的时候，却并不接受这种观点。施瓦茨科夫——一位有思想的将军，提出了一种新的看法，而他用来表达这个新看法的那句话，在全军上下广为流传：“苏联狗不出猎。”于是，施瓦茨科夫将他的作战计划制定者们的注意力引向替代战局上。而高居榜单前列的，就是伊拉克边境沿线的中东沙漠战争。

1989年初，中央司令部的一位官员，加里·威尔，开始以施瓦茨科夫的直觉为基础建立战争模型。他和一组军事未来学家一起搜集整理数据，以便能够创造出一个模拟的沙漠战争。这一模拟的代号是“内视行动”。

任何模拟都只能做到与它们的基础数据一样强，而威尔希望“内视行动”能尽可能地贴近现实。这意味着，要收集当下驻中东部队的近十

万的细节数据。这部分工作，绝大多数都极度沉闷乏味。战争模拟需要知道部署在中东的车辆数目，食物和燃料的物资储存量，武器的杀伤力，气候条件，等等。而这些细枝末节的东西，绝大部分都没有现成的，甚至军方都不容易弄到。所有这些信息都处在持续不断的变化之中。

一旦威尔的团队形成军队组织的方案，战事推演员就会编制整个海湾地区的光碟地图。而这个模拟沙漠战的基础——这块疆域本身，则是从最新的卫星数字照片中转过来的。等这个工作结束之后，战争游戏的玩家就会把科威特、沙特这些国家的地形压缩到CD上。这时他们就可以把这些数据输入TACWAR这个计算机战争游戏主体模拟程序里。

威尔是从1990年初开始在虚拟的科威特和沙特战场上进行沙漠战争的。7月，在佛罗里达州北部的一个会议室里，加里·威尔向他的上级概述了“内视行动”的各种成果。他们审看了这样的一种局势：伊拉克入侵沙特，然后美国/沙特反击。意想不到的，威尔的模拟恰恰预测了一场为期30天的战争。

就在两周之后，萨达姆·侯赛因突然入侵了科威特。最开始的时候，五角大楼的高层们还根本不知道他们已经拥有了完全可操作的、数据翔实的模拟。只要转动启动钥匙，这个模拟程序就预测无尽的变局下这个地区可能发生的战事。当这个有先见之明的模拟程序的消息传出之后，威尔就像玫瑰般闻着都香。他承认说：“如果等到侵略发动时才开始着手去干的话，那我们就永远都赶不上趟了。”未来，标准的军备条例可能会要求给指挥中心配置一个盒子，里面运转着包括种种可能的战事的并行宇宙，随时发动。

萨达姆入侵之后，战事推演员立刻把“内视”转向运行变化无穷的“真实”局势的模拟。他们的注意力重点集中在一组围绕变量产生的可能性上：“如果萨达姆不断地进攻，事态会怎样？”对预测到的30天



内的战事做迭代运算，威尔的电脑只花了大概15分钟的时间。通过在多个方向上运行这些模拟，威尔的团队很快就得出了这样一个结论：空中力量将是这场战争的决定性因素。进一步精确的迭代非常清楚地显示，如果空战打赢了，美国就能取胜。

不仅如此，根据威尔的预测机制得到的结果，如果空中力量确实能够完成分配给他们的任务，那么美国的地面部队就不会有重大的损失。而高级官员对这一结论的理解就是：先行进行精确的空中打击，是美国低伤亡率的关键。加里·威尔说：“在保持我们部队的绝对最小伤亡这方面，施瓦茨科夫非常强硬，以至于低伤亡变成了我们所有分析工作的基准。”

这样一来，预测性的模拟给了军方的指挥团队这样的信心，即美国可以以最小的损失换得战争的胜利。这种信心引领了沉重的空中打击。威尔说：“模拟绝对影响了我们（在中央司令部）的思维。不是说施瓦茨科夫事前对此没有强烈的感受，而是模型给了我们信心去贯彻这些理念。”

作为预测，内视行动确实获得了非常好的成绩。尽管在最初的军力平衡上有些变化，而且空中作战和地面作战的比例方面有一点小的差异，但是模拟出的30天空中与地面的战役与真正发生的战事非常接近。地面战斗基本上是按照预测逐步展开的。和所有不在现场的人一样，模拟人员对施瓦茨科夫在前线那么快就结束了最后一轮的较量感到惊奇。威尔说：“不过，我得告诉你，我们当时并没料到能在100个小时的时间里[在战场上]取得这样的进展。根据我的回忆，我们当时预测的是要用6天的时间来进行地面战，而不是100个小时。地面部队的指挥官曾经跟我们说，他们当时曾经预想行动得会比模拟所得出的结果快。结果他们行动得确实像自己预测的那么快。”

按照这个战争游戏的预测机制的计算，伊拉克人的抵抗会比实际中他们的抵抗要大一些。这是因为，所有的战斗模拟都会假设说敌对

方会全力以赴调用他们的所有可用的资源。但是实际上伊拉克根本就没有那么用力。战事推演员曾经厚着脸皮开玩笑说，没有一种模型会把举白旗纳入武器序列。

由于战争进展实在太快，结果这些模拟者再也没时间依次考虑下一步的模拟：以日报模式预报战事的进展。尽管计划者尽可能详细地记录了每天发生的事件，而且他们也可以随时计划到未来，但是，他们还是感觉：“最初的12个小时之后，就不需要天才来推算未来的发展了。”

## 22.6 预测的多样性

如果硅芯片足以起到水晶球的作用，引导一场超级军事战争，如果那些在小型电脑里快速运行的算法足以提供预测技术看透股票市场，那么，我们为什么不改装一台超级计算机，用它来预测世界其他国家呢？如果人类社会只是一个由各种人和机器组成的大型分布式系统，为什么不装配一个能够预测其未来的设备呢？

即使对过去的预测做一点浮皮潦草的研究，也能看出这到底是为了什么。总的来说，过去那些传统的预测还不如随机的猜测。那些陈年的典籍如坟场一样，埋葬着各种对未来的预言——从来没有实现过的预言。虽然也有些预言击中了靶心，但是，我们没有办法预先把罕有的正确预言和大量的错误预言区分开来。由于预测如此频繁地出错，而相信错误的预测又如此诱人，如此令人迷惑，所以有些未来学家原则上完全回避作出任何预测。为了强调试图预言无可救药的不可靠性，这些未来学家宁愿蓄意夸张地陈述他们的偏见：“所有的预测都是错误的。”

他们说也也有一定的道理。被证实为正确的长期预测显得如此之少，因此以统计的眼光看来，满眼都是错。而根据同样的统计计量，正确的短期预测是如此之多，因此所有的短期预测都是对的。

对于复杂系统最有把握的说法，莫过于说它下一刻跟这一刻完全一样。这个观察接近于真理。系统是持之以恒的东西；因此，它只是从此刻到彼刻不断重复的过程。一个系统，甚至一个有生命的东西，都少有变化。一棵橡树，一个邮局，还有我的苹果电脑，从某一天运行到第二天，几乎没有丝毫变化。我可以轻松地保证对复杂系统作出一个短期的预测：它们明天会跟今天差不多。

还有一个老生常谈的说法同样正确：从某一天到第二天，事情偶尔也会发生一点变化。可是，能预测到这些即刻发生的变化吗？如果能的话，我们是否可以把这一系列可预测的短期变化积攒起来，勾勒出一一种可能的中期趋势？

可以。尽管基本上长期预测还是不可能，但是对于复杂系统来说，短期预测不仅可能，而且必要。而且，有些类型的中期预测完全可行，并且越来越可行。尽管对当下的行为做一些可靠的预测，会有爱丽丝漫游奇境式的离奇感觉，但是人类在社会、经济和技术各种方面的预测能力，会有稳步的增长。至于为什么，我在下面会说。

我们现在拥有预测许多社会现象的技术，前提是我们能够在合适的时机抓住它们。我奉行席奥多·莫迪斯 [\[1\]](#) 1992年的著作《预测》（Predictions）对预测的功用和可信性情况的精确总结。莫迪斯提出了在人类互动的更大网络中建立有序性的三种类型。每一种都在特定的时间构成了一个可预测性范围。他把这一研究应用到经济学、社会基础设施和技术领域之中，而我相信，他的发现同样适用于有机系统。莫迪斯的三个范围是：不变量、成长曲线和循环波。

不变量。对所有优化其行为的有机体来说，自然的、无意识的趋势逐渐向其行为中注入了随时间推移极少变化的“不变量”。尤其人类，是最有资格的优化者。一天有24个小时是一个绝对的不变量，那么一般而言，人生几十年，虽然其间隔、所完成的事业不尽相同，但是很明显，人类都趋向把一定量的时间用来干这些琐事：烹饪、旅行、打扫卫生。如果把新的行为（比如，乘坐0201483408航班 [2]，而不是步行）纳入基本维度（比如，每天奔波要花多长时间），就会看到，这种新行为的模式持续展现的是原有行为的模式，同样可以预测（或预言）它的未来。换句话说，你以前是每天走半个小时路去上班，现在则是开半个小时车去上班。而在未来，也许你会飞半个小时去上班。市场苛求效率的压力如此冷酷，如此无情，致使它必然将各种人造系统推向最优化这单一的（可预测）方向。追踪一个不变量的优化点，往往会提醒我们注意到一个规则的可预测性范围。比如说，机械效率的提高是非常缓慢的。到现在为止，还没有一种机械系统的效率能够超过50%。设计一个运行效率达到45%的系统是可能的，而要设计一个效率达到55%的系统，就不可能。因此，我们可以对燃料效率做一个可靠的短期预测。

成长曲线。一个系统越大、层次越多、越是去中心化，那么它在有机成长方面取得的进展也就越多。所有成长的东西，都拥有几个共同的特点。其中一个，就是形状为S形曲线的生命周期：缓慢地诞生、迅速地成长、缓慢地衰败。全球范围内每年的汽车产量，或者莫扎特一生中创作的交响乐，都相当精确地符合这种S形曲线。“S形曲线所具有的预测能力，既非魔法，也非无用，”莫迪斯写道，“在S形曲线那优雅的形状下面，隐藏着一个事实，即自然的生长过程遵循着一种严格的定律。”这个定律说明，结局的形态与开端的形态相对称。这个定律以数千生物学的历史，以及形成制度的生命历史的经验观测值为基础。这个定律还与以钟形曲线表述的复杂事物的自然分布有着密切的联系。成长对初始条件极度敏感；然而成长曲线上的初始数据点几乎

毫无意义。不过，一旦某个现象在曲线上形成不可遏止的趋势，有关它的历史的数字快照就会形成，并在预测这个现象的最终极限和消亡方面起颠覆性的作用。人们可以从这条曲线中抽取它与竞争系统的一个交界点，或者一个“上限”，以及这个上限必然水平拉开的数据。并不是每个系统的生命周期都呈现光滑的S形曲线；但是，符合这个曲线的系统无论种类或者数量都相当可观。莫迪斯认为，服从这一生长定律的东西比我们设想的要多。如果我们在恰当的时机（其生长过程的中期）检验此类生长系统，这种由S形曲线定律概括的局部有序状态的出现，就为我们提供了另外一个可预测性范围。

循环波。系统明显的复杂行为，部分地反映了系统环境的复杂结构，这是赫伯特·西蒙在大约30年前指出的。当时，他利用一只蚂蚁在地面的运动轨迹作为例证。一只蚂蚁歪来扭去地穿过土地的线路，反映出的并不是蚂蚁自己复杂的移动，而是它所处环境的复杂结构。按照莫迪斯的说法，自然界的循环现象能给运行其间的系统注入循环偏好。莫迪斯曾经为经济学家康德拉基耶夫 [3] 所发现的56年经济周期所吸引。而且，除了康德拉基耶夫发现的这个经济波，莫迪斯还补充了两个类似的周期，一个是他自己提出的科学发展中的56年周期，另一个是阿诺夫·古儒柏 [4] 研究的基础设施更换的56年周期。其他作者已经提出了各种假说来说明这些明显波动原因，有人认为它来自于56年的月亮运动周期，或者是第5个以11年为周期的太阳黑子周期，甚至还有人将其归结为人类隔代周期——因为每个28年期的代群都会偏离其父辈的工作成果。莫迪斯辩称，本初的环境周期引发了许多尾随而来的次生和再生的内部循环。研究者只要发现了这些循环的任何片段，就可以利用它们来预测行为的范围。

上述三种预测模式表明，在系统提高了能见度的某些特定时刻，秩序的无形模式对关注者来说会变得清晰起来。这就好像下一个鼓点，几乎可以预先听到它将要发出的声音。不一会儿，干扰把它搅浑覆盖了，那种模式就消逝了。可预测性范围也有大惊喜。不过，局部

的可预测性确实指向一些可改进、可深化，也可延长为更大东西的方法。

尽管成功进行大型预测的几率非常之小，但是，试图从过去的股票市场价格中析取长波模式的业余和专职的金融图表分析师并不因此气馁。对于图表分析师来说，任何一种外在的周期性行为都是可以猎取的猎物：裙裾的长度，总统的年龄、鸡蛋的价格。图表分析师永远都在追逐神话般预测股价趋势的“领先指标”，用来作为下注的数值。多年来，图表分析师一直因为采用这种说不清道不明的数字逻辑方法而受到嘲笑。不过，最近一些年来，一些专业学者，比如理查德·斯威尼 [5] 和布莱克·勒巴朗 [6] 却说明图表分析师的方法往往切实可行。图表分析师的技术准则可以简单到令人乍舌：“如果市场保持上涨趋势有一段时间了，就赌它还会继续上涨。如果它处在一个下跌的趋势，就赌它还会继续下跌。”这样的一种准则，就把一个复杂市场的高维度简化为这样简单的两部式规则的低维度。一般来说，这种进行模式寻找的办法行之有效。这种“涨就一直涨，跌就一直跌”的模式，要比随机的碰运气运作得好，因此也比普通投资者的炒作要强得多。既然对于一个系统来说，最可预测的事情就是它的停滞，那么，这种有序模式的出现并不是出乎意外——尽管它真的令人惊讶。

和图表分析主义相反，另外一些金融预测人员依靠市场的“基本面”预测市场。这些被称为基本面分析师的人们试图理解复杂现象中的驱动力量、潜在动力以及基本条件。简单来说，他们要找的是一个理论： $F=ma$ 。

另一方面，图表分析师是从数据中寻找模式，并不关心自己是否明白这个模式存在的理由。如果宇宙中确实存在着有序，那么所有的复杂性的有序，其未来路径都会（至少是暂时地）在某处以某种方式揭示出来。人们仅仅需要了解可以把什么信号当作噪音而忽视。图表

分析师按照多恩·法默的方式进行组织归纳。法默自己也承认，他和那些预测公司的同事是“统计意义上的严格的图表分析师”。

再过50年，计算机化的归纳法、基于算法的图表分析以及可预测性范围，将会成为值得尊敬的人类事业。股票市场的预测则仍然是一件古怪的事情，因为与其他系统相比，股票市场更多的是建立在预期之上的。在一个靠预期取胜的游戏中，如果所有人都分享这个预测的话，准确的预测就不会提供赚钱的机会。预测公司真正能够拥有的，只不过是时间上的领先。只要法默的团队开发某个预测性范围挣到了大钱，那么其他人都会冲进来，多少模糊了模式，大多数情况下，会把挣钱的机会拉平。在一个股票市场中，成功会激发起强烈的、自我取消的反馈流。在其他系统中，比如说成长性网络，或者一家正在扩张的公司，预测反馈不会自我取消。通常来说，反馈是自我管理型的。

## 22.7 以万变求不变

最早的控制论学者，诺伯特·维纳，曾经殚精竭虑地要说明反馈控制的巨大力量。他当时脑子里想的就是简单的冲水马桶型的反馈。他注意到，不断地一点点地把系统刚刚实现的微弱的信息（“水平面还在下降”）注入系统，在某种意义上引领了整个系统。维纳总结说，这种力量，是时间平移的一项功能。在1954年，他这样写道：“反馈是控制系统的一种方式，它把系统过去的运行结果重新输入系统，从而完成对系统的控制。”

感知现实的传感器里没有悬念。除了此时此地，还需要知道什么与现在有关的别的东西吗？显然，关注当前对系统来说是值得的，因为它几乎没有什么别的选择。可是，为什么还要在已经过去的和无法改变的东西上消耗资源呢？为什么要为了当下的控制而袭扰过去呢？



一个系统——不管是有机体、企业、公司、还是计算机程序，之所以花费精力把过去发生的事情反馈到现在，是因为这是系统在应对未来时比较经济的做法。因为，要想预见未来，你就必须了解过去。沿着反馈回路不断冲击的过去，给未来提供信息，并控制着未来。

不过，对于一个系统来说，时间平移还有另一条通往未来的途径。身体中的感觉器官，那些能够拾得几英里之外的声波和光波信息的感觉器官，其功能有如对当下进行衡量的仪表，而且更像是对未来进行衡量的量具。地理位置遥远的事件，从实用的角度来说，是来自未来的事件。一个正在靠近的捕猎者的图像，现在就变成了关于未来的信息。而远处的一声咆哮，则很快就变成一只扑到跟前的动物；闻到一股盐味，表明潮汐马上要变化。所以说，一个动物的眼睛就是把发生在时/空远处的信息“前馈”到位于此处/现在的身体中。

有些哲学家认为，生命能够起源于一个笼罩着空气和水这两种介质的行星上并不是一件偶然的事情，因为水和空气，在绝大多数光谱下都具有令人惊讶的透明度。清洁、透明的环境，使得器官能够接收来自“远处”（未来）的含有丰富数据的信号，并对来自有机体的信号进行预处理。因此，眼睛、耳朵和鼻子都是能够窥视时间的预测机制。

根据这个概念，完全浑浊的水和空气可能会通过阻止远处事件的信息传至现在而抑制预测机制的发展。生存在浑浊世界中的有机体，无论是在空间上还是在时间上，都会受到束缚；它们会缺乏空间去发展适应性反应。而适应，就其核心而言，要求对未来感知。在一个变化的环境中，不管这环境是浑浊还是清澈，能够预测未来的系统都更可能存续下去。迈克尔·康拉德写道：“归根结底，适应性，就是利用信息来应付环境的不确定性。”格雷戈里·贝特森则用电报文体简洁地说：“适应就是以万变求不变。”一个系统（根据定义是不变的）适应

（变化）的目的就是为了存续（不变）。火烈鸟改变自己就是为了继续生存。

如此来说，那些被卡在当下动弹不得的系统，更常受到变化的奇袭而死去。因此，一个透明的环境，会奖励预测机制的进化，因为预测机制把生命力赋予复杂性。复杂系统之所以能够存活下来，因为它们具有进行预测的能力，而一种透明的介质，则能够帮助它们进行预测。相反，浑浊却会完全阻碍复杂的活系统的预测、适应以及进化。

## 22.8 系统存在的目的就是揭示未来

后现代人类在成形的第三种透明介质中畅游。即每一种现实都能够数字化；即人类每一次集群活动的测量都可以通过网络传输；即每个个体生命的生活轨迹都可以变形为数字，并且通过线路发送。这个联网的行星，已经变成了比特的洪流，在玻璃纤维、数据库和各种输入设备组成的清澈壳体里流动。

数据一旦流动，就创造出透明。社会一旦联网，就可以了解自己。预测公司的那些火箭科学家，能够比老派的图表分析师获利更多，那是因为他们工作在一个更为透明的介质里。网络化金融机构抛出的数以十亿计的数字信息凝结为一种透明的氛围，预测公司据此侦测出那些正在演变中的模式。流经他们工作站的数据之云，形成了一种清澈的数据世界供他们仔细探查。从这清新空气的某些片段他们能够预见未来。

与此同时，各种工厂大批生产摄像机、录音机、硬盘、文本扫描仪、电子表格、调制解调器和卫星电视天线信号接收器。这些东西分别是眼睛、耳朵或者神经元。它们连接起来，就形成了一个由数十亿个裂片组成的感觉器官，漂浮在飞速运行的数字组成的清澈介质之

中。这个组织的作用是把那些来自远处肢体的信息“前馈”到这个电子身体中。美国中央司令部那些战争博弈者可以利用科威特的数字化地形、实时传输的卫星图像以及通过全球定位信息进行定位的（无论在地球的哪个位置，误差范围在50英尺之内）手持传送器分段传送过来的报告预测——通过集体心智的眼睛去了解——即将到来的战斗过程。

归根结底，揭示未来不仅仅是人类的向往，也是任何有机体，也许还是任何复杂系统所拥有的基本性质。有机体存在的目的就是揭示未来。

我给复杂系统的工作定义是一个“跟自己对话的东西”。也许有人会问，那么：复杂系统跟自己说些什么呢？我的回答是：它们给自己讲未来的故事，讲接下来也许会发生的故事——无论这个“接下来”是以纳秒还是以年计算。

## 22.9 全球模型的诸多问题

20世纪70年代，在讲述了数千年关于地球的去、关于天地万物的传说故事之后，地球行星上的居民开始讲述第一个关于未来可能发生的故事。当时的高速通讯，第一次为他们展示了自己家园全面的实时视图。来自太空的图像非常迷人——黑色的远景里优美地悬挂一个云蒸霞蔚的蔚蓝色球体。而地面上正在发生的故事就没那么可爱了。地球每一个象限发回来的报告，都在说地球正在分解。

太空中的微型照相机带回了地球的全貌照片，惊艳绝伦，用老式的辞意表达，是既令人振奋又令人恐惧。这些照相机，连同由每个国家涌出的大量的地面数据，组成了一面分布式的镜子，反映了整个地球系统的画面。整个生物圈越来越透明。地球系统开始预测未来——

像所有系统都会做的那样，希望知道接下来（比如说，在下一个20年里）可能发生什么事情。

从环球外膜收集的数据中，我们获得了第一印象——我们的地球受伤了。没有一种静态的世界地图能查证（或者反驳）这个景象。也没有一个地球仪能够列示随着时间推移而起落的污染和人口图表，或者破译出一个因素与另一个因素之间的那种相互关联的影响。也没有任何一种来自太空的影片能够诠释这个问题，继续下去会怎样？我们需要一种全球预测装置，一个全球假设分析的数据表。

在麻省理工学院的计算机实验室里，一位谦逊的工程师拼凑了第一份全球电子数据表。杰伊·福瑞斯特从1939年开始就涉猎反馈回路，改良转向装置的伺服机制。福瑞斯特和他在麻省理工学院的同事诺伯特·维纳一起，沿着伺服机制的逻辑路径直到计算机的诞生。在为发明数字计算机提供帮助的同时，他还把第一台具有计算能力的机器应用于典型工程技术理念之外的领域。他建立了各种能够辅助公司管理和制造流程的计算机模型。这些公司模型的有效性，激发了福瑞斯特新的灵感。他在波士顿一位前市长的帮助下，建立了一个城市模型，模拟整个城市。他凭借自己的直觉，非常正确地意识到级联反馈回路——虽然用纸笔不可能进行追踪，但是计算机却能轻而易举地追踪——是接近财富、人口和资源之间互相影响的网络的唯一途径。那么为什么不能模拟整个世界呢？

1970年，在瑞士参加了有关“人类处境”的会议之后，福瑞斯特坐在返程的飞机上，开始草拟第一个公式，一个将会形成他称之为“世界动态”模型的公式。

粗糙不说，而且是份草图。福雷斯特的粗糙模型反映出明显的回路和力量，他的直觉感到是它们统治着大型经济体。至于数据，只要现成，他都抓过来用来做快速估计。罗马俱乐部，资助了那次会议的集团，来到麻省理工学院，对福瑞斯特拼凑起来的这个原型进行评

估。他们受到眼前所看到东西的鼓励。于是，他们从大众汽车基金会筹到资金聘请福瑞斯特的伙伴丹尼斯·梅多斯对这个模型做下一步的工作，继续完善它。在1970年剩下的时间里，福瑞斯特和梅多斯共同改进“世界动态”模型，设计更为周密的流程回路，并满世界地淘选最近的数据。

丹尼斯·梅多斯 [7] 和他的妻子丹娜 [8]，还有另外两个合著者，一起发布了一个功力增强了的模型，里面存满了真实的数据，名为“增长的极限”。作为第一个全球电子数据表，这一模拟获得了巨大的成功。有史以来第一次，整个地球的生命系统、地球资源，以及人类文化，都被提炼出来，形成一个模拟系统，并任其漫游至未来。“增长的极限”模拟系统作为全球警报器，也是非常成功的。它的作者们用这样的结论提醒全世界：人类现有路径的每一次扩张，几乎都会导致文明的崩溃。

“增长的极限”模型得出的结果发表后的许多年里，在全世界范围内激发的社论、政策辩论和报纸文章成千上万。一幅大字标题惊呼：“计算机预测未来令人不寒而栗。”这个模型的发现要点是：“如果当前的世界在人口、工业化、污染、食品生产以及资源消耗方面的增长趋势保持不变的话，那么这个星球将会在接下来的100年之内的某个时刻达到其增长极限。”模型的制造者们曾经以数百种差别细微的情景进行了数百次的模拟。但是，无论他们如何进行权衡，几乎所有的模拟都预测到人口和生活水平要么逐渐萎缩，要么迅速膨胀然后立刻破灭。

这个模型极具争议性，而且受到极大的关注，主要是因为其中蕴含着显著清晰又令人讨厌的政策意义。不过，它永久性地把有关资源和人类活动的讨论提升到了必要的全球范围。“增长的极限”模型的并没有成功的孕育出其他更好的预测模型，而这恰恰是它的作者们希望做到的。相反，在其间的20年里，世界模型都受到怀疑，主要是因

为“增长的极限”引发的种种争议。具有反讽意味的是，在（20年后的）今天，公众唯一看得见的世界模型，仍然是“增长的极限”。在模型发布20周年纪念日的时候，作者们只略做改动又重新发布了这个模型。

重新发布的“增长的极限”模型，运行在一个被称为Stella的软件程序上。Stella采用由杰伊·福瑞斯特在大型计算机上制订出的动态系统方法，再把它移植到苹果电脑的可视化界面上。“增长的极限”模型是一张用各种“库存”与“流”编结而成、给人深刻印象的网。库存（货币、石油、食物、资本诸如此类）流入某些特定的节点（代表一般进程，比如说耕种），在那里引发其他库存的流出。举例来说，货币、土地、肥料以及劳动力流入农场之后，就会引流出未加工的食物。而食物、石油和其他一些库存流入工厂则生产出肥料，从而完成一个反馈回路。由回路、次级回路和交叉回路组成的意大利面似的迷宫构成了完整的世界。每个回路对其他回路的影响都是可以调整的，而且视现实世界中的数据比率而定。比如，每公斤肥料、每公斤水，能在一公顷的田里生产出多少粮食，又会产生多少污染和废料。确实，在所有的复杂系统里，单一调整所产生的影响都无法事先估量；必须让它在整个系统中展现出来之后，才能进行测度。

活系统必须为存活而预期。可是，预测机制的复杂性绝不能盖过活系统本身。我们可以详细地考查“增长的极限”模型，以此作为预测机制固有困难的实例。选择这个特殊的模型有四个理由。首先，它的重新发布要求把它（重新）看做人类的预测努力可以依赖的预测装置。其次，这个模型提供了方便的20年期进行评估。它20年前侦测到的那些模式是否仍占有优势？第三，“增长的极限”模型的优点之一在于它是可以评论的。它生成的是可以量化的结果，而不是含糊其辞的描述。也就是说，它是可以检验的。第四，为地球上人类生活的未来建立模型是最野心勃勃的目标。无论成功还是失败，如此杰出的尝试都会教给我们如何运用模型预测极其复杂的适应系统。人确实要反思

自问：到底有没有信心模拟或预测像世界这样一种看起来完全不可预测的进程？反馈驱动模型能够成为复杂现象的可靠预报器吗？

“增长的极限”模型有很多可抨击的地方。其中包括：它并非极度复杂；它塞满了反馈回路；它演练情景。但是，我从模型里还发现有如下弱点：

有限的总体情景。“增长的极限”与其说是在探索各种真实存在的多样性的可能的未来，倒不如说它不过是在一组颇为有限的假设上演绎大量微小的变化。它所探查的那些“可能的未来”，绝大多数似乎都只是在它那些作者们那里才说得通。20年前建立模型的时候，作者们觉得有限的资源会枯竭是个合理的假设，他们就把那些没有建立在这个假设基础上的情景忽略掉了。但是，资源（比如稀有金属、石油或者肥料）并没有减少。任何一种真正的预测模型，都必须具备能够产生“想象不到”的情景的能力。一个系统在可能性的空间要有充分的活动余地，可以游荡到出乎我们意料之外的地方，这很重要。说它是一门艺术，是因为模型拥有了太多的自由度，就变得不可驾驭了，而把它拘束得太紧，它就变得不可靠了。

错误的假设。甚至最好的模型，也会因为错误的前提而误入歧途。就“增长的极限”来说，它的一个关键性的原始假设，就是认为世界只容纳了可供250年使用的不可再生资源，而且对于这种资源的需求在迅猛发展。20年过后，我们已经知道这两个假设全都是错误的。石油和矿物的储量增加了，而它们的价格却没有增加；同时，对某些原材料的需求，比如铜，并未呈指数增长。1992年重新发布这一模型的时候，作者对这些假设做了修改。现在的基础假设是污染必然会随着发展而增加。如果以过去的20年作为指南的话，我能想象，这样的一条假设，在未来的20年中，也需要修正。这种基本性的“调整”必须要做，因为“增长的极限”模型需要它……



没有为学习留下余地。一批早期的批评者曾经开玩笑说，他们用“增长的极限”模型模拟1800~1900年这段时间，结果发现“街上堆了一层有20英尺高的马粪”。因为当时的社会，使用马来进行运输的比例正在增长，所以这是一个逻辑外推。那些半开玩笑半当真的批评者认为，“增长的极限”模型没有提供技术学习、效率提高，以及人类行为自律能力、改革发明能力的规则。

这个模型内里连接着某种类型的适应。当危机发生的时候（比如污染增加了），资本资产就会转过来处理危机（于是污染的生成系数就降低了）。可是，这种学习既非分散的，也不是终端开放的。事实上，这两种类型建模都不容易。本书其他地方提到的很多研究都是有关在人造环境或自然环境中实现分布式学习和终端开放式增长的开拓性努力。而如果没有这种分散的、终端开放的学习，要不了多少日子，真实的世界就可以胜过模型。

现实生活中，印度、非洲、中国以及南美的人口并没有按照“增长的极限”模型的假设性规划来改变他们的行为。而他们之所以适应，是因为他们自有的即时的学习周期。比如，全球出生率的下降速度快得超过了任何人的预测，使得“增长的极限”这个模型（和绝大多数其他预测一样）措手不及。这是否归因于“增长的极限”之类的世界末日的预言的影响呢？更为合情理的机制是，受过教育的妇女生育的子女少，过得也越好，而人们会仿效过得好的人。而她们并不知道，也不关心全球的增长极限。政府的种种激励促进了这些本来就已经出现的局部动态的发展。无论什么地方的人总是为了自己的直接利益而行动和学习。这也适用于其他方面的功能，比如作物的生产力、耕地、交通等。在“增长的极限”模型中，这些波动数值的假设都是固定的，但是在现实生活中，这些假设本身就拥有共同进化的机制，会随着时间的变化而变化。关键在于，必须把学习作为一种内在的回路植入模型。除了这些数值，模拟中或者说想要预测活系统的任何模拟中，假设的确切构造必须具备很强的适应性。

世界平均化。“增长的极限”模型把世界上的污染、人口构成以及资源的占有统统看作是划一的。这种均质化的处理方式简化了世界，使足以稳妥地给它建模。但是，因为地球的局部性和区域划分是它最显著和最重要的特性，这样做的结果最终破坏了模型存在的目的。还有，源自各不相同的局部动态的动态层级，形成了地球的一些重要现象。建立“增长的极限”模型的人，意识到了次级回路的力量——事实上，这正是福瑞斯特支撑这个软件的系统动力学的主要优点。可是，这个模型却完全忽略了对于世界来说极为重要的次级回路：地理。一个没有地理的全球模型……根本不是这个世界。在整个模拟中，不仅学习必须是分布式的，而且所有的功能都必须是分布式的。这个模型最大的失败，就在于它没有反映出地球生命所具有的这种分布式的本性——群集本性。

任何终端开放的增长都不能模仿。我曾经问过丹娜·梅多斯，当他们在以1600年，甚至1800年为起点运行这个模型的时候，得到了什么结果，她回答道，他们从来没有这样运行过这个模型。我当时非常吃惊，因为返溯实际上是对各种预测模型进行实际检验的标准方法。“增长的极限”这个模型的建造者们怀疑，如果进行这样的模拟的话，这个模型会产生出与事实不符的结果。这应该成为一种警报。从1600年开始，这个世界就已经进入了长期的增长。而如果一个世界模型是可靠的，那么它就应该能够模拟出4个世纪以来的增长状况——至少作为历史来进行模拟。说到底，如果我们要相信“增长的极限”这个模型对于未来的增长确实是有话可说，那么，这个模拟就必须，至少从原则上说，能够通过对几个过渡期的模拟生成长期的增长。而就它现在的情况而言，“增长的极限”所能够证明的，充其量也就是模拟出一个崩溃的世纪而已。

“我们的模型异常‘强健’，”梅多斯告诉我，“你得千方百计来阻止它的崩溃……总是有相同的行为和基本动态出现：过火和崩溃。”依靠这种模型来对社会的未来进行预测，是相当危险的。系统的所有初

始参数迅速向着终点汇聚，可历史却告诉我们，人类社会是一种显示出非凡的持续膨胀的系统。

两年前，我曾经用了一个晚上的时间，跟肯·卡拉科迪西乌斯聊天。他是一个程序员，正在建造一个生态和进化的微型世界。这个微型世界（最后变成了SimLife这款游戏）为那些扮演神的角色的玩家提供了工具，他们用这些工具可以创造出32种虚拟动物和32种虚拟植物。这些虚拟的动植物相互影响、相互竞争、相互捕食，然后进化。“你让你的世界最长运行了多长时间？”我问他。“唉，”他感叹道，“只有一天。你知道，要保证这种复杂的世界不断运行下去确实是一件困难的事情。它们确实喜欢崩溃。”

“增长的极限”里面的那些情景之所以会崩溃，是因为“增长的极限”这个仿真模型善于崩溃。在这个模型里，几乎每一个初始条件都可能会导致大灾难，要么导致某种（极少情况下）稳定状态——但是从来不会产生任何新的结构，因为这个模型天生不能产生某种终端开放的增长。“增长的极限”没有能力模拟出农耕时代进入工业社会的自然发展过程。梅多斯承认：“它也不可能把这个世界从工业革命带向任何一种接下来会出现的、超越工业革命的阶段。”她解释说：“这个模型所展示出来的，是工业革命的逻辑撞到了无可避免的限制墙。这个模型有两件事情好做，要么开始崩溃，要么，由我们作为模型的建立者对它进行干预、做出改变来挽救它。”

我：“不能搞一个更好的拥有自身转换能力、可以自动转换到另一个层级的世界模型吗？”

丹娜·梅多斯：“当我想到，这种结局是系统设计好让它发生的，而我们只是这么往后一靠然后作壁上观，就觉得有点宿命的感觉。但相反，我们在建立模型的时候，实际上把自己也放在里面。人类的智能进入到这个模型之中，去感知整个形势，然后在人类的社会结构里

做出改变。这就反映了在我们脑中出现的系统如何升华到下一个阶段的图景——利用智能介入并重建系统。”

这是拯救世界的模型，可是，它对一个不断复杂化的世界如何运转的建模不适当。梅多斯是对的，走了一条采用智能来插手把它人文化并改变它的结构的路子。不过，这个工作不只是由模型的建立者来完成，也不只是发生在文化的起始点。这个结构的重建发生在全球60亿个大脑里，是每天发生、每个时代都发生的事情。如果说确实存在着去中心化的进化系统的话，那么人类的文化就是这样一种系统。任何不能包容这种每日在数十亿头脑中进行的分布式微型进化的预测模型，都注定会崩溃，如果没有这样的进化，文化本身也会崩溃。

20年后，“增长的极限”模拟模型所需要的就不仅仅是更新换代了，它需要完全重做。利用它的最好方式，是把它看成一个挑战，是建立更好的模型的一个新起点。一个真正的全球社会的预测模型，应该满足下面这些条件：

- ◎能够大量运行各式各样的情景，
- ◎从一些更灵活、更有根据的假设开始，
- ◎实施分布式学习，
- ◎包含局部性和地区性的差异，
- ◎如果可能的话，展现不断增长的复杂性。

我之所以不把焦点放在“增长的极限”世界模型上，是因为我想指摘它那些强有力的政治内涵（毕竟，它的第一个版本激发了一代反增长的激进主义分子）。确切地说，这个模型所具有的种种不充分性，恰好跟我想在本书提出的几个核心论点相对应。为了把这个系统的某段情景“前馈”到未来，福瑞斯特和梅多斯勇敢地尝试模拟一个极端复

杂的、具有适应性的系统（在地球上生活的人类的结构）。这个福瑞斯特/梅多斯模型所突出的，不是增长的极限，而是某些特定的模拟的极限。

梅多斯的梦想，同样是福瑞斯特的梦想，是美国中央司令部那些战争博弈者的梦想，是法默和他的预测公司的梦想，也是我的梦想。而这个梦想就是：创造出一个系统。这个系统要能够充分反映出真实的、进化着的世界，使得这个微型模型能够以比真实世界跑得更快的速度进行运转，从而把它的结果投射到未来。我们想要预测机制，不是出于预知命运的使命感，而是为了获得指引。理念上，只有考夫曼或者冯·诺伊曼的机器，才能自行创造出更为复杂的东西。

为了做到这一点，模型就必须拥有“必要的复杂性”。这个术语，是20世纪50年代由控制论专家罗斯·艾希比创造出来的，他最早制作出了一些电子自适应模型。每一个模型，都必须一点一滴地提取出无数现实的细节，汇聚起来压缩成像；它必须浓缩的最重要的特质之一，就是现实的复杂性。艾希比总结了自己那些用真空管造出迷你模型的试验，得出了这样的结论：如果一个模型过于急切地简化了复杂现象，它就会错失目标。模拟的复杂程度，不得超出它所模拟的复杂性的活动领域，否则，模型就跟不上它所模拟的东西的曲折路线。另外一位控制论专家，杰拉尔德·温伯格，在他的著作《论稳定系统的设计》中给这个“必要的复杂性”提供了一个非常贴切的比喻。温伯格提示说，想象一下，一枚制导导弹瞄准了一架敌机。导弹自己并非一定也是一架飞机，但是它必须具备与飞机的飞行行为复杂性旗鼓相当的飞行复杂性。如果这枚导弹不具备至少与目标飞机一样的速度，而且在空气动力学方面的敏捷程度也不如那架目标敌机，那它肯定打不中目标。

## 22.10 舵手是大家

那些以Stella为基础模型，比如说“增长的极限”模型，显而易见过量拥有反馈电路。正如诺伯特·维纳在1952年所指出的，具备各类组合变化的反馈电路，是控制和自我管理的根源。不过，在反馈引发最初的兴奋激情的40年之后，我们现在已经知道，仅有反馈回路是不足以培育出那些我们最感兴趣的活系统行为的。本书提及的研究者们已经发现，要想生成功能齐备的活系统，还必须拥有另外两种类型的复杂性（也许还有别的类型）：分布式存在，以及无止境的进化。

近年来，通过研究复杂系统得出的主要洞见就是：一个系统要想进化成某种新的东西，唯一的途径就是要有一个柔性结构。小蝌蚪可以变成青蛙，而一架747喷气式飞机即使只增加六英寸的长度，也会把它变成残废。这就是为什么分布式存在对具有学习、进化能力的系统如此重要的原因。一个分散化、冗余的组织能够在功能不受影响的前提下收放自如，因此它能够适应。它能够控制变化。我们称之为“成长”。

直接反馈的模型，比如“增长的极限”，能够获得系统稳定——这是生态系统的一个特征，但是它们不能学习，不能成长，也不能变化。而这三个复杂性，是变化中的文化或者生命模型必备的。没有这些能力，世界模型就会远远落在不断运动的现实的后面。学习能力缺位的模型，可以用来预估不远的未来，那时进化的变化很小；但是，要想预测一个进化系统——如果能作口袋式预测的话，就需要这种模拟的人工进化模型包含“必要的复杂性”。

但是，要引入进化和学习，不抽离这个系统的控制是不行的。丹娜·梅多斯在谈及人类集体智慧先行退后去理解全球问题，然后又“插手并改造”人类活动的体系的时候，她指出的是“增长的极限”这个模型最大的错误所在：它那线性、机械、不可行的控制意念。

自我制造系统之外不存在控制。活系统，比如经济、生态和人类文化，无论从哪个位置下手都难加以控制。它们可以被刺激，可以被

干扰、可以被哄骗、可以被驱动，充其量也就是可以从内部进行协调。地球上不存在任何一个平台，从那里可以伸出自由之手进入活系统，而且，在活系统的内部也没有理由存在等待拨动的控制拨号盘。大型、群集状态下的系统，比如人类社会的导向，是由一大堆相互联结、自相矛盾的成员控制的。而这些成员，在任何一个时刻，对于整体也就只有那么一丁点的意识。不仅如此，在这个群集系统中，很多活跃的成員根本就不是个体人类智能；它们是公司实体、集团、体制、技术系统，甚至还包括地球本身的那些非生物系统。

有歌云：没人来当家。未来不可测。

现在来听唱片的背面：舵手是大家。而且，我们能够学会预测即将发生的事情。学习就意味着生存。

---

[1] 席奥多·莫迪斯（Theodore Modis，1943～）：务分析师、未来学家、物理学家、国际顾问。

[2] 0201483408 航班：0201483408 为《失控》（1994 年英文版）的国际标准书号（ISBN）。

[3] 尼古拉·康德拉基耶夫（Nikolai D.Kondratieff，1892～1938）：俄罗斯经济学家及统计学家，因提出康德拉基耶夫长波闻名于西方经济学界。

[4] 阿诺夫·古儒柏（Arnulf Grubler）：英国科学家，国际应用系统分析学会的一名研究员。他在奥地利维也纳理工大学获得博士学位后，先后在意大利里亚斯特（Trieste）理论物理国际研究中心等机构任职。

[5] 理查德·斯威尼（Richard J.Sweeney）：博尔顿苏利文/托马斯A.国际金融组织主席。斯威尼教授专长于国内国际金融货币经济学以及国家政策。其当前研究重点在美联储对外汇市场的影响，财政交叉截面分析办法，以及欧盟、美国的立宪提案等。

[6] 布莱克·勒巴朗（Blake LeBaron）：芝加哥大学经济学哲学博士，布兰代斯大学金融学教授，金融理论家。

[7] 丹尼斯·梅多斯（Dennis Meadows，1942～）：美国科学家，美国麻省理工学院斯隆管理学院教授，福瑞斯特的副手。

[8] 丹娜·梅多斯（Dana Meadows，1941～2001）：美国开拓型环境科学家、教师和作家，丹尼斯·梅多斯的妻子。与丹尼斯及另外两位合作者共同发布了“增长的极限”。



## 第二十三章

### 整体，空洞，以及空间

#### 23.1 控制论怎么了？

“早上好，组织系统！”

这位愉快的演讲者优雅自如地整了整领带，微笑着说：“在这个精心挑选的日子里，海军研究处和装甲研究基金会联袂发起这次研讨会，来探讨我个人认为非常重要的课题，我感到非常高兴。”

这是1959年5月仲春的一天。400名学科背景迥异的学者云集芝加哥，参加这个有望震惊科学界的盛会。与会嘉宾几乎涵盖了世界主要的科学分支：心理学、语言学、工程技术学、胚胎学、物理学、信息论学、数学、天文学和社会科学，等等。在此之前还没有过任何一次会议，召集过这么多不同领域的顶尖科学家们来花两天时间研讨一个主题。当然也从来没有为这一特别的主题举办过大规模的会议。

只有年轻而兴旺发达的国家，在对自己在世界格局里扮演的角色信心满满时才会思考这样的问题：自组织系统——组织是如何自举图存的。自举图存！这是置于方程式的美国梦。

“会议选择的时机对我的个人生活而言，也有特别重要的意义，”演讲者接着说道，“过去的9个月里，美国国防部一直在全力以赴地做着组织工作，这恰恰清楚地表明，要正确理解自组织系统的成因，我们还有很长的路要走。”

一早进入会场落座的人群里传来会心的笑声。讲台上发言的海军研究处主任约阿希姆·威尔博士，笑着继续说道：“我想提请各位注意三个基础要素，它们值得好好研究。从长远来看，我们对计算机领域中存储器要素的基本理解，绝对且不可避免地将运用到‘自组织系统’内。谈到电脑，如今大家可能和我一样，认为它不过是一种工具，一种帮助记忆从一种状态转入另一种状态的工具。”

“第二个要素，生物学家们称之为分化。很显然，任何能够进化的系统，都离不开遗传学家们所说的本质上属于随机事件的突变。将一个群推往一个方向，将另一个群推往另一个方向，这需要一些最初的触发机制。换句话说，为使长期的自然选择规律发挥作用，必须依赖包含噪声的环境提供触发机制。”

“第三个基本要素在我们论述庞大的社会组织时，也许会以最纯粹最易理解的方式自行体现出来。就本次会议的目的而言，姑且让我称之为从属性，如果你愿意，也可以称之为执行功能。”

看看这些术语：信号噪声、突变、执行功能、自组织。说出这些词的时候，DNA模型尚未建立，数字技术尚未应用，信息管理系统专业尚未出现，复杂性理论尚未诞生。很难想象这些想法在当时是多么离经叛道，多么具有革新性。而且又是多么正确。35年前的刹那之间，威尔博士概述了我在1994年出版的一整本书。我在那本书里论述了适应性、分布式系统的突破性科学以及这门科学导致的突发现象。

尽管1959年的这次会议上的预言是非凡的，我却看到了值得一提的另一方面：35年来，我们对整个系统的认识提高得是多么少。尽管本书中提及了近期取得的巨大成就，但是很多关于整体系统的自我控制、变异分化和从属性等基本问题还是迷雾重重。

在1959年这次会议上递交论文的全明星阵容汇集了自从1942年起就常在一起召集小型会议的科学家们。这些私密的，只能凭邀请函参

与的聚会由梅西基金会发起并组织，后来以梅西会议闻名。在当时紧张的战时气氛下，与会成员多为跨学科的学术精英，着重考虑重要组织问题。这9年里，会议邀请的几十位人工智能研究者中包括格雷戈里·贝特森、诺伯特·维纳、玛格丽特·米德、劳伦斯·弗兰克、约翰·冯·诺依曼、沃伦·麦克洛克和罗森布鲁斯，这次群星闪烁的聚会因其开拓性的观点——控制论，即控制的艺术和科学，而以控制论群体闻名于世。

有些事情初期并不显眼；而这次却不是。梅西会议的与会者从第一次会议中，就能想象到自己开启的异端之门后面会是怎样瑰丽的美景。尽管他们都有资深的科学背景，又是天生的怀疑论者，但是，他们仍然马上意识到这种革新的视角能使自己余生的学术事业为之一变。人类学家玛格丽特·米德后来回忆说，自己参加第一次会议时，为那些横空出世的思想兴奋不已，以至于“直到会议结束我才注意到自己咬掉了一颗牙齿”。

这个核心组的成员包括生物学、社会科学还有现在我们称为计算机科学等领域的主要思想家，虽说这个群体那时仅仅才开始创立计算机概念。他们最主要的成就是清晰地描述了控制和设计语言，从而为生物学、社会科学和计算机学效力。这些会议的卓越成果得益于当时另类的方法：严格地把生物视为机器，把机器视为生物。冯·诺依曼从数量上比较了大脑神经元和真空电子管的运算速度，大胆暗示两者可以类比。维纳回顾了自动控制机器进入人体解剖学的演变历史。医生罗森布鲁斯预测了人体及细胞内的自我平衡线路。史蒂文·海姆斯在《控制论群体》一书中详细讲述了这群颇具影响力的思想家的故事，他说到了梅西会议：“即使是像米德和弗兰克这样的人类社会学家也成了从机械视角理解事物的拥护者。在这一理念中，他们把生命体描绘为熵的衰减装置，赋予人类自动控制装置的特色，把人的思维看成计算机，并以数学博弈论来看待社会冲突。”

在大众科幻小说刚刚问世、尚未成为当今对现代科学有影响力的元素的时代，梅西会议的与会者常常使用极度夸张的隐喻，很像如今的科幻小说家。在一次会议上，麦克洛克说过这样的话：“我特别不喜欢人类，从没喜欢过。在我看来人类是所有动物里最卑鄙最具破坏性的。如果人能进化出活得比人自己更有趣味的机器，我想不出为什么机器不应该十分快乐地取代我们，奴役我们。它们也许会过得快活的多，找出更好玩的乐子。”人道主义者听到这种推测惊惧不已，但在这种的噩梦般泯灭人性的情节背后，隐藏着一些非常重要的理念：机器有可能进化，它们也许确实能比我们更好地完成日常工作，我们与精良的机器享有相同的操作原理。这些理念就是下一个千年的绝好比喻。

就像米德在梅西会议后写的：“控制论群体没有考虑到的是，一系列具有很高秩序的卓有成效的新发明陆续问世。”特别是产生了反馈式控制、循环性因果、机器的动态平衡和政治博弈理论等观念，并且都渐渐进入主流，直到今天，它们成为了基础得近乎泛滥的理念了。

控制论群体并没有按照自己安排的解决问题的时间表找到相应答案。几十年后，研究混沌、复杂性、人工生命、包容架构、人工进化、模拟仿真、生态系统和仿生机器的科学家们将会为控制论中的问题提供一个框架。对《失控》进行片面概述的人也许会说本书是控制论研究现状的最新资料。

但是本书也令人颇为迷惑。如果它真是探讨控制论的，为什么全书罕见“控制论”这个术语呢？从事尖端科学研究的早期开拓者如今在哪里？为什么老一辈的学术权威和他们的杰出想法没有处在他们那自然延伸的研究工作的中心呢？控制论怎么了？

在我最初和年轻一辈的系统开发者打交道的时候，这是困扰我的一个难以理解的事情。这些更为博学的人当然知道早期的控制论工

作，但他们当中几乎没有一个具有控制论背景的人。好像在知识传播的过程中，那整个一代人都消失了，出现了一个缺口。

对于控制论运动消亡的原因有三种推测：

由于当时炙手可热但夭折了的人工智能研究领域抽走了大量资金，控制论研究因资金枯竭而中止。人工智能的失败在于，开发出了效用，却牺牲了控制论。人工智能只是控制论研究的一方面，但是，当它得到政府和大学的大部分资金时，控制论其余大量待研究的课题就消失了。刚毕业的学生们纷纷进入人工智能研究领域，于是，其他领域后继乏人。之后，人工智能研究自身也陷入停顿。

控制论是批处理计算模式的受害者。信息传递是控制论的最主要的妙策。这种需要测试其想法的试验，要求计算机以全面考察的模式全速运算多次。这样的要求对于保护主机的严格律条来讲显然不合时宜。因此，控制论理论几乎很少对此进行实验。后来廉价的个人电脑开始风行于世，但在大学里采用却是出了名的慢。连中学生都把苹果II型机搬回家了，大学里还在使用穿孔卡片。克里斯·朗顿在苹果电脑上做出了平生第一个人工生命实验。多恩·法默和朋友用组装电脑，发现了混沌理论。实时掌控一台完备的通用型计算机是传统控制论需要但从未做到的事情。

“把观察者放进盒子里”这句话扼杀了控制论。1960年，福瑞斯特英明地提出，可以把系统观察者作为一个部件加入一个更大的元系统，来获得对社会系统的创新观点。他给自己的观察设立一个称为二次指令控制的框架，或称之为观察系统的系统。这个真知灼见在以下一些领域是有的放矢的：比如家庭心理治疗，临床治疗师得在理论上把自己融入这个家庭以求疗效。但是，当临床治疗师给病人录像，之后社会学家给临床治疗师观看病人录像的情况录像，然后再为自己观察治疗师录像……时，“把观察者放进盒子里去”就陷入无限回归。到

了20世纪80年代，美国社会控制论名册里就充满了临床治疗师、社会学者以及主要兴趣在观察系统的效用上的政治学者们。

以上三种原因一致行动，以至于到了20世纪70年代末，控制论就此枯萎消亡。绝大多数控制论的研究停留在本书述及的水平：不切实际地拼织一幅宏大的画卷。真正的研究人员要么在人工智能研究室里遭遇挫折，要么在俄罗斯偏僻的科研机构里继续工作，在那里控制论研究作为数学的分支确实继续进行着。在我看来，没有一本正式的控制论教科书是用英文写成的。

## 23.2 科学知识网之缺口

我们称为科学的知识构架中存在着裂缝，一个缺口。热衷于科学的年轻人填补了这个缺口，他们没有背负睿智前辈们强加的包袱。而这个缺口让我对科学的空间充满了好奇。

科学知识是一种平行的分布式体系。没有中心，没人处于控制地位。其中容纳着无数智慧的头脑和分散的书籍。它也是一个网络，一个事实和理论互相作用互相影响共同进化的体系。但是作为在崎岖不平的神秘王国中并行探索的行动者的网络来说，科学研究的领域远比我在这里已经谈及的任何领域都更为宽广。仅仅适当地论述科学的结构，就需创作出比我至今已完成的著述更冗长的一本书。在此结尾的章节中，对此复杂体系我只能点到为止。

知识、真理和信息在网络和群体系统内流动。我一直醉心于科学知识的构造，因为看上去它似乎凹凸不平、厚薄不匀。我们共同了解的很多科学知识都发源于一些小的领域，而在这些领域之间却是大片无知的荒漠。我可以将现在的观察数据解释为由正反馈和吸引子带来的结果。一点点知识就可以阐释周围的许多现象，而新的阐释又启发

了知识自身，于是知识的角落迅速扩大。反之亦然，无知生无知。一无所知的领域，人人都避而远之，于是愈加一无所知。结果就出现这样一幅凹凸不平的图景：大片无知的荒漠中横亘着一个个自成体系的知识山峰。

在此由文化产生的空间中，我最着迷的是那些荒漠——那些科学认知的缺口。对于未知的事物我们能知道些什么？进化理论隐现的最大希望是揭开生物体为什么不改变的神秘面纱，因为静态比改变更为普遍，也更难解释清楚。在一个变化的系统中，我们对于不变能了解多少？变化的缺口向我们明示了变化整体的什么情况？因此，我跃跃一试要探个究竟的是整体空间中的认知缺口。

这本特别的书遍布缺口以及整体。我不知道的远远多于我知道的，但是很不走运，论述我不知道的却远远难于论述我所知道的。由于无知的本性，我当然也无法知道自己所拥有知识的所有缺口。承认自己无知真是个不错的秘诀。科学认知也是如此。全面勾绘出人类在科学认知上的缺口或许就是科学的下一次飞跃。

今天的科学家相信，科学是不断革新发展的。他们通过进行着微小变革的模型来解释科学如何发展。按此观点，科研学者建立起一种理论来解释事实（比如，因为可见光是一种波，所以能生成彩虹），而理论本身又能指引寻找新的事实。（你能弯曲光波吗？）又是收益递增法则，把新发现的事实整合进理论体系，使得理论更加有力也更加可靠。偶尔，科学家们会发现不易用理论解释的新事实（光有时的表现像粒子）。这些事实被称为异常事件。当与起支配作用的理论一致的新事实不断涌现时，最初的异常事件就被搁置不理。到了某个时刻，经验证，累积的异常事件太大、太讨厌或太多了，再也无法忽略了。这时，必然会有一些激进分子提出变革性的另类模型来解释异常事件（比如，光的波粒二象性）。旧的理论被扫地出门，新的理论迅速占据优势地位。



按照科学史家托马斯·库恩<sup>[1]</sup>的说法，起支配作用的理论形成被称为典范的自我强化思维，来指定哪些是事实，哪些只不过是干扰。在此典范内，异常事物是些微不足道的、稀奇古怪的、凭空幻想的或是不合格的数据。赞同典范的研究计划就会获得拨款、实验空间和学位认可。那些忤逆典范的研究课题——那些涉猎分散琐事的课题，就什么都得不到。然而，拒绝了资金支持和学界信任而又作出伟大变革发现的著名科学家比比皆是，这样的故事已经很老套了。在本书中，我引述了几个那样的老套故事供大家分享。其中一个例子介绍了涉及的那些被忽略的工作，是用拥有与新达尔文教条相抵触思想的科学家们所做的。

库恩在他那本有创意的著作《科学变革的结构》（*The Structure of Scientific Revolutions*）中提到，科学史上真正的发现，只能“从了解异常事物开始”。进步源自对反面意见的认可。受到压制排斥的异常事物（及其发现者）凭借反面事实揭竿而起夺取王位，颠覆一系列已确立地位的典范。新的理论至少在一段时间内占居优势地位，直到它们自身也僵化起来并对后起的异常事物麻木不觉，最后自己也被赶下宝座。

库恩的科学典范更替模式如此令人信服乃至自己也变成一种典范——典范的典范。现在，我们在科学领域内外随处可以看到典范和推翻典范的事例。典范更替成为我们的典范。如果事物没有真正地那样演化，那么，这个事实就是异常事物。

阿兰·莱特曼和欧文·金戈里奇在1991年的一期《科学》杂志上发表的论文《异常事物何时出现？》声称，和库恩的占统治地位的科学模式相反，“只有在新的基本概念范围内对某些异常事物做出令人信服的解释，它们才能为大家所公认。在此之前，那些特异的事实在旧框架内要么被当作假想的事实，要么被忽视”。换句话说，最终颠覆典范的真正异常事物，最初甚至没被看作异常事物。它们被视而不见。

基于莱特曼和金戈里奇的文章，这里有一些简短的例子来解释“事后识别”。

南美洲和非洲的地形就像锁和钥匙一样契合，这一事实从未困扰过20世纪60年代前的地质学家们。对此现象的观察，以及对大洋中脊的观察也未对他们或他们的大陆成形理论造成任何困扰。尽管自打第一次有人绘制大西洋海图时，这一显著的契合就被注意到了，但这个即存的事实甚至不需要解释。只是后来对此有了解释，大家才事后识别这一契合。

牛顿精确测量了很多物体的惯性质量（使物体运动的内在动力，就像钟摆开始往复的动力）和它们的引力质量（以多快的速度向地表坠落），以此来确定这两种力是均等的，如果不均等，在做物理学运算时可能会互相抵消。几百年来这两者的关系从未有人质疑。可是，爱因斯坦却惊讶于“牛顿定律在宇宙中的大厦基石里找不到任何位置”。和别人不同，他对此穷追不舍，最终成功地以创新的广义相对论阐释了这个现象。

几十年来，宇宙动能和重力能之间几乎精准的平衡——这对作用力使膨胀中的宇宙得以在暴涨和坍塌间维持平衡，让天文学家顺便注意到了这种现象。但是，这个现象从未被当作一个“难题”，直到1981年革命性的“宇宙膨胀”模型问世，才使这一事实成为令人不安的悖论。对此平衡的观察，开始并不是异常事物，直至典范更替后，回顾过去，它才被看作麻烦制造者。

以上例子的共同主题都是说，一开始异常事物都只是人们观察到的事实，完全不需要解释。这些事实不是引起麻烦的事实，它们只是事实。异常事物不是典范更替的原因，而是更替的结果。

在一封写给《科学》杂志的信里，戴维·巴拉什讲述了自己的经历。1982年他写了本生物社会学的教科书，书中他写道：“自达尔文开

始，进化生物学家们常被此现象烦扰：动物常常做一些看上去利他的行为，而往往自己要付出极高的代价”。1964年，威廉姆·汉密尔顿出版的包括适应性理论的刊物开创了生物社会学。他的理论提供了尽管有争议但是切实可行的方法来解释动物的利他行为。巴拉什写道：“受莱特曼—金戈里奇论文的启发，我当时回顾了大量1964年以前的有关动物行为和进化生物学方面的教科书，却发现，事实上——和我上面引用的主张（生物学家的烦扰）相反，在汉密尔顿顿悟之前，动物界出现的明显的利他行为并没困扰进化生物学家们（至少他们没有对此现象投入精力做多少理论探究或是实验考察）。”他在去信的结尾半开玩笑地建议，生物学家们“来给大家上一课，讲讲我们所不了解的，比如说动物的行为”。

## 23.3 令人惊讶的琐碎小事

本书的最后章节是个简短的课程，讲述我们，或至少是我，所不了解的复杂的自适应系统和控制的本质。这是一份问题的清单，一份缺口的目录。即使对非科学工作者来说，其中很多问题看起来也是愚蠢、浅显、琐碎或几乎不值得一提的。同样，相关领域的专家们也许会说：这些问题是科学发烧友们扰乱人心的疯话，是技术先验论者闭门造车的冥想，都无关紧要。而我读到一个精彩段落，才获得灵感写下了这一非传统的课程。那个精彩段落是道格拉斯·霍夫施塔特写的，早于彭蒂·卡内尔瓦那晦涩难懂的有关稀疏分布式计算机存储器技术专论。霍夫施塔特写道：

我先从近乎琐碎的事物开始观察，发现对于日常熟知的事物，我们看到其个体就能自然联想到其所属类别的名字。比方说看见楼梯，无论它多大多小，是螺旋的还是直上直下的，是雕栏画柱还是朴素无奇，现代的还是古老的，脏乱的还是干净的，想也不用

想，“楼梯”这个标签总能自然而然地蹦达出来。显然，电话、邮箱、奶昔、蝴蝶、飞机模型、弹力裤、八卦杂志、女鞋、乐器、密封球形救生器、旅行车、杂货店等等，莫不如此。借此外界物质刺激物间接地激活我们大脑记忆区的某处，这种现象完全融入了我们的生活和语言，以致大多数人难以对此留意并产生兴趣，更别提对此感到惊讶了，然而，这或许正是所有心理机制的最关键之处。

对没人感兴趣的问题惊讶不已，或者对于没人认为是问题的问题惊讶不已，这也许是一个更好的科学进步的典范。

我对自然和机器的运行之道感到无比惊讶，这也是写作本书的根本动力。我写这本书是想努力向读者解释我的困惑。当写到某些我不懂的事情时，我会与之较劲，认真研究，或大量阅读相关书籍直到能理解为止，然后重新提笔写下去，直至被下一个问题难住。之后，我会重复这个过程，周而复始。我总会遇到使写作无法继续的问题。要么是没人解答问题，要么是有人根本不理解我的困惑，而给出落入俗套的答复。这些拦路的问题一开始绝未显得这么举足轻重，成为一个让我无法继续下去的问题。但实际上它们就是原型异类。就像霍夫施塔特对于人类头脑具有识物之前先分类的能力感到惊讶却获赏识一样，这些未解之谜在未来也会产生深刻的见解，也许是革命性的理解力，也许最终会成为我们必须解释的公认事物。

读者们看到这里列举的大部分问题似乎就是我在上述章节中已经回答过的问题，也许会感到困惑。而事实上，我所做的一切就是围绕着这些问题，测量其范围，然后向上攀爬，直到自己卡在某个虚假的顶点。以我的经验来看，迷恋别处的部分答案往往能引出大部分很好的问题。本书就是寻找有趣问题的尝试。但是在探索途中，一些实在平常的问题却困住了我。以下就是这些问题。

我在本书中常用“涌现”这个词语。在把什么都弄得复杂化的专业人士那里，这个词有点这个意思：“各个部分一致行动生成的组织。”但是当我们撇开含糊不清的印象细读这个词，其涌现的含义就渐渐消失了，实际上这个词没有特别的意义。我试过在每个用到“涌现”的地方，用“发生”来取代，效果似乎还不错。我们可以试试。全球的秩序发生自各地的规则。我们用涌现要表达什么意思呢？

还有就是“复杂性”，它到底是什么？我把希望寄托在两本1992年出版的科学著作，书名同为《复杂性》，作者分别是米奇·沃尔德罗普和罗杰·卢因，因为我希望其中一本能提供实用的复杂性的衡量方法。但两位作者围绕这一主题写了书，却都不敢冒险给出有用的定义。我们怎么知道一事物或一个过程就比另一样更复杂呢？黄瓜比凯迪拉克更复杂吗？草地较之哺乳动物的大脑更复杂吗？斑马比国民经济更复杂吗？我知道复杂性有三到四种数学上的定义，但没有哪种可以大体上解答我刚刚提出的这类问题。我们对事物的复杂性如此无知，以至于我们还提不出关于复杂性是什么的恰当问题。

如果进化日趋复杂化，为什么？如果真相并非如此，那为什么它看上去似乎如此呢？复杂真的比简单的效率更高吗？

似乎存在着一种“必需的多样性”——一种最小限度的复杂性或个体间的差异，适用于诸如自组织、进化、学习和生死这些过程。我们如何能确知足够的多样性什么时候才算够？我们甚至对多样性都还没有适当的度量办法。我们拥有直观的感觉，但却无法非常精确地将其转化为任何东西。多样性是什么？

“混沌的边缘”听上去常有“万事中庸处之”的感觉。是否这仅仅是通过玩金发女孩和三只熊的把戏 [\[2\]](#)，来定义这种使系统达到自适应性的最大值为“正好的适应”？这是另一种必需的赘言吗？

计算机科学理论里有个著名的丘奇/图灵猜想，它加强了人工智能和人工生命研究的大部分推理。假设是这样的：假定有无限的时间和无穷多计算用磁带，一台通用的计算机就可以计算另一台通用计算机所能计算的任何东西。可是天哪！无限的时间和空间恰恰是生与死之间的差别。死亡拥有无限的时间和空间。活着则存在于限制中。那么在某一特定的范围内，当计算过程独立于运行其上的硬件时（一台机器可以仿效另一台机器所能做的一切），过程的可替代性就具有了真正的限制。人工生命建立的前提，是能从其碳基的载体中萃取出生命并使其开始运行于其他不同的母体。到目前为止的实验表明这要比预想的要真实。那么真实时间和真实空间内的界限在哪里呢？

究竟什么是不可模仿的？

所有对人工智能和人工生命的探求全都专注（有人说受困）于一个重大的谜题，即一个极端复杂系统的模拟，是伪造，还是某种独立的真实事物？或许它是超现实的，又或许超现实这个术语正好回避了这个问题。没人怀疑模仿原物的模型的能力。问题在于：我们授予一个物体模拟的是何种真实？模拟和本体之间的差别究竟是什么？

你能把一块草地浓缩到何种程度，使它缩身为种子？这是大草原恢复者们不经意间提出的问题。你能把整个生态系统所包含的珍贵信息简化成几蒲式尔种子吗？浇水以后，这些种子还会再造草原生命那令人敬畏的复杂性吗？有没有完全不能精简并精确模拟的重要的自然系统？这样一个系统应该是本身就是自己最小的压缩形式，是它自己的模型。有没有不能浓缩或提炼的人造的大系统？

我想知道更多关于稳定性的知识。如果我们建造一个“稳定”的系统，有没有什么办法可以定义这种稳定？稳定的复杂性有什么限制条件，必要条件？何时改变不再是改变？

物种究竟为什么灭绝？如果自然万物都随时有效地适应环境，不遗余力地在生存竞争中战胜对手并利用对手的环境资源，为什么某些物种还会被淘汰？也许某些生物体比别的生物体有更好的适应性。但为什么自然的普遍机制有时候对所有生物起作用，有时候又不会惠及所有生物，而是容许某些特别的种群衰退，容许另一些种群发展？说得更明白些，为什么某些生物体能发挥很好的动态适应性，另一些却不能呢？为什么自然界会默许一些生物类型被迫成为天性低效的形式呢？这里有个例子，一种牡蛎状双壳贝，进化出越来越趋螺旋状的外壳，直到该物种灭绝前，其外壳已经几乎打不开了。为什么这种生物体不能进化回归到适用的范围内呢？为什么灭绝发生在同一族群，仿佛是劣质基因的责任？自然界是如何产生出一整群劣质基因呢？也许，灭绝是由外来物体引起的，比如彗星和小行星。古生物学家戴夫·诺普假设75%的物种灭绝事件是小行星撞击造成的。如果没有小行星，就不会有灭绝了吗？设若地球上的所有物种都没有灭绝，今天的芸芸众生会是怎样的？就此而言，为什么任何形式的复杂系统都会走向失败或绝灭呢？

另一方面，在这个共同进化的世界里，为何任何事物归根结底都是稳定的？

我听说自然界和人造自持续系统的每一个数据都显示系统自稳定变异率在百分之一到万分之一之间。这样的变异率是普遍的吗？

连接一切会带来什么负面效应呢？

在所有可能有生命存在的空间里，地球上孕育的生命只占那么一小条——创造性的一次努力。对定质量的物质所能容纳的生命数量有没有限度？为什么地球上没有更多不同种类的生命形式？宇宙怎么会如此之小？



宇宙运行的规律也会进化吗？如果主宰宇宙运行的规律是宇宙自行生成的，它会受到宇宙自我调节力的影响吗？也许维持所有理性规律的特殊的规律都处于不断变动中。我们是否在玩一场所有规则都在被不断重写的游戏？

进化能进化自己的目的吗？如果只是愚笨作用物联合体的有机体能够创造出能自我进化的目标，那么同样盲目愚笨而且在某一点上非常迟钝的有机体，是否也能进化出一个目标？

那么上帝又是怎么回事？人工生命研究者，进化理论家，宇宙论者，仿真学者，在他们的学术论文上都看不到上帝的功劳。但我感到意外的是，在一些私下场合，还是这些研究者，却会常常谈到上帝。科学家用到的上帝是个技术概念，淡定自若，与宗教无关，更接近一方神圣——本地创造者。每当讨论天球世界，包括现实和模型中的，上帝俨然是个精确的代数符号，替代无处不在的 $x$ ，运行于某个世界之外，创造了那个世界。“好吧，算你是上帝……”一位计算机科学家在演示一段新程序的时候嘟囔道，他的意思是他正在为世界制定规则。对于永存的使事物真实的观测者来说，上帝就是一个简略的表达方式。于是上帝成了一个科学术语，一个科学概念。它既没有哲学上的初始起源的微妙之处，也没有神学上造物主的华丽服饰；它不过是探讨运行一个世界所必需的初始条件的一种方便途径。那么我们对神明又有什么要求呢，是什么造就了一个好上帝？

## 23.4 超文本：权威的终结

这些都是老问题了。别人之前在不同的文章里都提到过。如果知识网络完全连通了，那我此时此刻就可以把恰当的历史引用文附在本书之后，而且能为所有这些沉思默想提取出历史背景。

研究者们做梦都想拥有这样一个数据和思想紧密相连的网络。今日的科学处于连通性局限的另一个关口；分布式科学网络上的节点在达到其进化能力的极点之前，必须更为紧密地相互连接。

美国陆军医学图书馆理员们设法将医学期刊的索引编制到一起，迈出了走向高度连接的知识网络的第一步。1955年，参与该项目的一位图书管理员，对机器索引感兴趣的尤金·加菲尔德开发了一个计算机系统来自动跟踪医学界发表过的每份科学论文的文献资料出处。后来他在费城自家车库里开创了一家商业化公司——科学信息研究所（ISI），可以在计算机上跟踪某段时间内所有发表过的科学论文。今天ISI已是一家拥有众多雇员和超级计算机的大公司，数百万份学术论文与文献参考目录网状交联在一起。

打个比方，就拿我的参考书目里的一篇文章来讲吧：罗德尼·布鲁克斯写于1990年的文章《大象不下棋》。我可以登陆ISI系统，在其作者名下找到这篇文章，并能很快读取在参考书目或脚注里引用过“大象”的所有发表过的科学论文清单，而我这本《失控》也在其中。假定认为“大象”对其有益的学者和作者们的文章可能对我来说也是有益的，我就有办法回溯这些思想的影响。（可是，目前书籍还不能编制引文索引，因此，事实上，如果《失控》不是书而是篇文章，这个例子才说的通。但其原理是适用的。）

引文索引让我可以跟踪自己思想的未来传播。再次假设《失控》作为一篇文章编入了索引。每年我都能查阅ISI的引文索引并得到所有在其著作中引用过此文的作者清单。这个网络会让我接触到很多人的观点——其中许多观点自打引用了我的看法就显得更贴切了，我以别的方式也许根本无法办到。

引文索引功能目前被用来绘制突破性的科学研究“热门”领域的概图。引用频率极高的论文能预示某一研究领域正在飞速发展。这个系统还有一个无心插柳的成果，就是政府资金资助方可以利用引文索引

来帮助他们决定资助哪些项目。他们计算某学者著作被引用的总次数，并根据刊发论文的杂志的“份量”或声望进行调整，来显示该学者的重要性。但就像任何网络一样，引文评价培育了一种积极反馈回路的良机：资金投入的越多，论文问世的越多，引文累积的次数越多，资金的安全越有保障，如此等等。而没有资金，就没有论文，没有论文的引用，也就没有资金的回报，也产生出类似的消极反馈回路。

我们也可以把引文索引看成一种脚注跟踪系统。如果你把每份参考目录看作正文的脚注，那么一份引文索引就把你引向脚注，然后允许你找出脚注的脚注。对此系统有种较为简洁的描述，就是特德·纳尔逊于1974年杜撰的“超文本”。本质上，超文本是一种大型分布式文档。超文本文档就是在文字、思想和资料来源之间实况链接的模糊网络。这样的文档没有中心，没有尽头。阅读超文本，你可以在其间纵横穿越，可以翻过正文去看脚注，看脚注的脚注，可以细读和“主要”正文一样长，一样复杂的附加说明的思想。任何一个文档都可以链接到另一个文档，并成为其一部分。计算机处理的超文本可以在正文中包含各种旁批和注释，这些注释来自其他作者的补充、更新资料、修订、提炼、摘要，曲解，并且就像在引文索引中一样，要在文章中列出所有参考书目。

这种分布式文档的应用范围是不可知的，因为它没有边界并且常常是多位作者的共同结晶。它是一种群集式文本。但是一位作者就能独自编辑一个简单的超文本文档，别人可以按照许多不同指示，沿着多种途径阅读该文档。因而，超文本的读者在作者架设的网络上又做出了自己的创造，这种创造取决于读者是怎样看待并利用素材的。因此在超文本中，就像在别的分布式创造物里一样，创造者必须对他的创造物适当放权，减少控制。

各种深度的超文本文档已经存在10年了。1988年，我参与开发第一代商用超文本产品——一本名为《全球目录》杂志的电子版本，在

麦金塔上用HyperCard程序编写而成。即便在这样一个相对较小的文本网络里（有1万个微型文档；并有数百万种浏览它们的方式），我也对这种互相连接的理念产生了想法。

一方面，超文本很容易使读者迷路。超文本网络没有掌控叙事的核心，其间所有事物好像都不分主次，处处显得大同小异，这个空间仿佛是乏味杂乱的区域。在网络里定位查找某个条目是个重要问题。回到早期的书籍时代，在14世纪，写字间里的书本是很难定位查找的，因为它们缺乏编目、没有索引或是目录。相比于口述传统，超文本模式通过网络体现出来的优势在于，后者可被编制索引和目录。索引是阅读印刷文本的二选一的方式，但对于阅读超文本来说，它只是许多方式中的一种而已。在一个没有实物形态的应有尽有的大型信息库中——比如未来可能出现的电子图书馆，你会很容易获知虽然简单但心里总觉得很重要的线索，比如想知道你总共读了几本书或是要读到一本书大概有多少途径。

超文本为自己创造了可能性空间。正如杰伊·戴维·伯尔特 [\[3\]](#) 在他那本杰出的但鲜为人知的著作《写作空间》（*Writing Spaces*）里写到的：

在这个印刷时代的后期，当定位于印刷书籍的空间时，作者和读者还是会想象到所有的文字，想象到文字本身。在印刷书籍的概念空间，书籍稳定不变，浩瀚而不朽，而且绝对由作者作主。这是一个由成千上万册印刷精美的相同书卷所确立的空间。另一方面，流动不定，作者和读者间往来互动的关系成为电子书的概念空间的特色。

应用科学，特别是知识的应用科学，塑造了我们的思想。由每种应用科学创造的可能空间给予某种类型思想产生的机会，同时阻止其他类型思想的产生。黑板让使用者可以再三修改、擦除，从而促进了

随心所欲的思考以及自发行为的产生。用毛笔在写字纸上书写要求你小心翼翼、注意语法、整洁、克制思考。印刷的页面征集的是反复修改过的草稿，还需要打样，复核，编辑。而超文本激发的是别样的思考方式：简短的、组合式的、非线性的、可延展的以及合作的思考模式。正如音乐家布莱恩·伊诺在写伯尔特的作品时写到的，“（伯尔特的理论）是说，我们组织写作空间的方式，也就是我们组织思想的方式，最终成为我们考虑世界必须组织自身的方式。”

古代的知识空间是动态的口述传统。通过修辞语法，知识构成了诗歌和对话——易于插话，质疑以及转移话题。早期的写作也这般灵活。文本是件不断发展的事情，由读者来修正，让弟子来校订；是一个协商的论坛。待到手稿付诸印刷之时，作者的想法就成为确立不变永存的思想。读者对文章成型所起的作用也就不见了。贯穿全书的一系列坚定不移的思想赋予著作令人敬畏的权威——“权威”和“作者”源于相同的字根。正如伯特所指出的，“当远古、中世纪甚至文艺复兴时期的书籍呈现在现代读者面前时，不仅其中的文字有了改变，而且其文本也被转移到现代印刷品的空间。”

在过去的印刷时代，一些作者想方设法探究拓展自己的写作和思考的空间，试图从封闭线性的印刷书籍转入带来非连续性体验的超文本。詹姆斯·乔伊斯写的《尤利西斯》和《芬尼根守灵记》就如同互相撞击、前后参映的思想网络，每次阅读都会有变幻不定的感觉。博尔赫斯写作的风格是传统线性的风格，但他描述的写作空间是：有关书的书，包含不断分支的情节的文本，怪异地反复自我指称的书，无尽排列的文本，保存各种可能性的图书馆。伯特这样评价道：“博尔赫斯能够想象出这样的空中楼阁，却无法制造出来……博尔赫斯本人从未为自己创建一个有效的电子空间，在这个文本网络里，各个时代发散、融合或并行。”

## 23.5 新的思考空间

我以电脑网络为生。这张网络之网——因特网，连接了全球几百万台个人电脑。没有人知道网络到底连接了多少台电脑，甚至没有人知道其中存在着多少个中继节点。1993年8月，因特网协会做出了有根据的推测，称当时这张巨网由170万台主机和1700万个用户组成。网络无人控制，也无人主管。间接资助了因特网的美国政府，有一天突然意识到，无需多少管理和监督，因特网已在技术精英的终端里自行运转起来。正如用户们自豪地夸耀的那样，因特网已然是全世界最大的有效运转的无政府组织。每天有无数条信息在网络用户间传递，而无需考虑中央权威的利益。我个人每天都要收发约50条信息。除了这么多个人信件的往来流动之外，网络中还存在着信息互动的脱离实体的电脑空间，一个公开的书面交流的共享空间。遍及全球的作者每天要在数不清的重叠话题中添加数百万条语句。人们日复一日建造着一个巨大的分布式文档，一个处于不停建造，连续变化，短暂永恒状态下的文档。“电子写作空间内的基本元素不是纯粹的杂乱无章，”伯尔特写道，“而是处于一种持续的重新组织状态。”

网络结出的硕果远殊于印刷书籍或餐桌闲谈。文本是一次与无数参与者的理智交谈。由因特网的多维空间激发出来的思维方式，趋向于培育非教条的实验理念，培育妙语连珠的全球化观念，培育跨学科的综合体以及天马行空又充满感情的反响。许多参与者之所以喜欢网上写作而非写书，是因为网上写作采用的是对等的对话方式，是因为它的无拘无束、畅所欲言，而不是因为它的一丝不苟、矫揉造作。

分布式的动态文本，比如网络 and 很多超文本格式的新书，完全是一个容纳观念、思想和知识的崭新空间。由印刷时代塑造成型的知识产生了这一特殊观念的准则，反过来又暗指出一套核心的基础原理——用油墨定型再进行完美复制，因而人类知识只进不退。每代读者要做的事情就是从书本里找出公认的真理。

另一方面，分布式文本或者说超文本为读者提供了一种新的角色——每个读者共同决定文本的含义。这种关系正是后现代文艺评论秉持的基础理念。后现代主义者的头脑里没有世俗标准。他们说超文本可以使“读者参与其中，与作者一起来控制写作空间”。阅读一部作品，每次都能读到不同的道理，每个道理都不是详尽无遗的，也不比另一个更有根据的。作品的意义层次众多，不同的人有不同的理解。要想解读文本就必须把它看成思想的网络——思路。有些思路属于作者，有些属于读者及其历史背景，还有一些则属于作者所处的时代背景。伯尔特说：“读者从网络中引出自己的文本，而每一篇这样的文本都属于某位读者和某一次特别的阅读过程。”

这种对作品的分拆破解叫作“解构”。解构主义之父雅克·德里达把文本（一个文本可以是任何复杂体）称为“一种微分的网络，一种不断地指向不同于自身的另一些不同踪迹的踪迹织物”。或者用伯尔特的话来说是“一个指向其他标记的标记结构”。当然，这种涉及其他符号的符号意象，就是分布式群的无限倒退和紊乱的递归逻辑的原型意象，是网络的标志，万物相连的象征。

我们称为知识或科学的总体概括是一张相互指点，相互教导的思想之网。超文本和电子书写促进了这种互惠作用。网络重新调整了印刷书籍的写作空间，在新的空间，许多写作风格和写作方式比油墨印刷更奔放，更复杂。我们可以将生活的整体乐章视为那种“写作空间”的一部分。当气象传感器、人口调查、交通记录器、收银机以及形形色色的电子信息发生器中的数据将它们的“谈话”或陈述大量地注入网络之时，它们就扩展了写作空间。它们的信息成为我们所知道的部分，成为我们所谈论的部分，成为我们所意指的部分。

与此同时，网络空间的这种特殊形式也塑造了我们。后现代主义者随着网络空间的形成而崛起绝非巧合。在过去的半个世纪中，统一的大众市场（工业化迅猛发展的后果）已经分崩离析，让位于小型利



基的网络（信息化潮起的结果）。这种碎片的集合体是我们现有的唯一完整无缺的方式。商业市场、社会习俗、精神信仰以及种族划分和真理本身的残片分裂为越来越细小的碎片，构成了这个时代的特征。我们这个社会是碎片混战的场所。这几乎就是分布式网络的定义。伯尔特又写道：“我们的文化本身是一个广阔的写作空间，一个复杂的象征性结构……正如我们的文化由印刷书籍时代进入计算机时代，它也处于由分层次的社会秩序过渡到我们或许可以称为‘网络文化’的社会秩序的最后阶段。”

网络中没有知识的中央管理者，只有独特观点的监护人。人们如今身处高度连接又深度分裂的社会，不可能再依赖中心标准的指导。人们被迫进入现代存在主义的黑暗中，要在互相依赖的碎片的混乱困境里创造出自己的文化、信仰、市场和身份特征。傲慢的中心或潜在着“我是”的工业图标变得空洞乏力。分布式的、无领导的、自然出现的整体性成为社会的理想。

一向富有洞察力的伯尔特写道：“批评者谴责计算机使我们的社会单调同一，通过自动化产生了一致性，但是电子阅读和写作恰恰起了相反的作用。”计算机促进了异质化、个性化和自由意志。

对于计算机的使用后果，没人比乔治·奥威尔在《1984》中的预言错得更离谱了。到目前为止，计算机创造的几乎所有实际的可能性空间都表明，计算机是权威的终结而非权威的开始。

蜂群的工作模式为我们开启的不仅是新的写作空间，而且是新的思考空间。如果并行超级计算机和在线计算机网络可以做到这一点，那么未来的科技——比如生物工程学，会赋予我们怎样的思考空间？生物工程学可以为我们新的思考空间做的一件事是改变我们的时间尺度。现代人类可以构想10年内的事情。我们的历史向过去延伸5年，我们的未来向前延展5年，不会再进一步了。我们还不具备结构化的方法、一个文化工具，来考虑无论是几十年还是几个世纪的问题。为捉

摸基因和进化而准备的工具也许能改变这种状况。有助于利用我们自己心智的药物当然也会改造我们的思考空间。

最后一个难住我，使我暂时搁笔的问题是：思考的可能方式的空间有多大？迄今为止，我们在思考和知识的宝库里发现的所有种类的逻辑，是多还是少？

思考空间也许很辽阔。无论是解决一个问题、或探究一个概念、或证明一个说法、或创造一个新的观念，其方法或许和想法本身一样多。相反，思考空间也许狭小有限，就和古希腊先哲们所认为的那样。我敢断言，当人工智能真正出现的时候，它会是智慧的，但不会十分类似于人类。它将属于许多非人类思考方式的一种，也许能填充思考空间的宝库。这个空间也将包含我们人类根本无法理解的某些思考类型。但我们仍可拿来一用。非人类的认知方法会为我们提供超越并失去我们控制的美妙结果。

说不定我们会为自己创造出惊喜。我们也许会创造出考夫曼机器似的头脑，可以通过一个小型的指令有限集生成所有的思考类型和所有前所未见的复杂性。也许那可能存在的认知空间就是我们的空间。那么，我们就能够攀缘进入我们所能创造、进化或发现的任何类型的逻辑之中。如果我们能在认知空间内无畅行无阻，就能进入无拘无束的思考领域。

我坚信我们会为自己创造出意外惊喜。

---

[1] 托马斯·库恩（Thomas Kuhn，1922~1996）美国哲学家，曾任麻省理工学院心理学讲座教授。他认为类似爱因斯坦发现“相对论”的事件在科学研究中并非常态，而是革命性的创举。

[2] 金发女孩和三只熊：民间故事，金发女孩访问三只熊的住所，品尝了每只熊碗里的麦片粥，坐过了每只熊的椅子，睡过了每只熊的床，来选出自己最喜欢的。

[3] 杰伊·戴维·伯尔特（Jay David Bolter）：传播学、语言学教授。对现代媒体进化、超文本、新印刷理念都有研究和革新性观点。

## 第二十四章

### 九律

#### 24.1 如何无中生有

大自然从无创造了有。

先是一颗坚硬的岩石星球；然后是生命，许许多多的生命。先是贫瘠的荒山；然后是点缀着鱼和香蒲、还有红翅黑鹂的山涧。先是橡子，然后是一片橡树林。

我想自己也能够做到这一点。先是一大块金属；然后是一个机器人。先是几根电线；然后是一个头脑。先是一些古老的基因；然后是一只恐龙。

如何无中生有？虽然大自然深谙这个把戏，但仅仅依靠观察她，我们并没学到太多的东西。我们更多地是从构造复杂性的失败中以及从模仿和理解自然系统的点滴成就中学习经验教训。我从计算机科学和生物研究的最前沿成果中以及交叉学科的各种犄角旮旯里提取出了大自然用以无中生有的九条规律——是为九律：

◎分布式

◎自下而上的控制

◎递增收益

◎模块化生长

◎边界最大化

◎鼓励犯错误

◎不求最优化，但求多目标

◎谋求持久的不均衡态

◎变自生变

在诸如生物进化、“模拟城市”等各式各样的系统中都能发现这九律的身影。当然，我并不是说它们是无中生有的唯一律法；但是，由复杂性科学所累积的大量观察中总结出来的这九律是最为广泛、最为明确、也最具代表性的通则。我相信，只要坚守这九律就能够有如神助一般无往而不利。

分布式。蜂群意识、经济体行为、超级电脑的思维，以及我的生命都分布在众多更小的单元上（这些单元自身也可能是分布式的）。当总体大于各部分的简单之和时，那多出来的部分（也就是从无中生出的有）就分布于各部分之中。无论何时，当我们从无中得到某物，总会发现它衍生自许多相互作用的更小的部件。我们所能发现的最有趣的奇迹——生命、智力、进化，全都根植于大型分布式系统中。

自下而上的控制。当分布式网络中的一切都互相连接起来时，一切都会同时发生。这时，遍及各处而且快速变化的问题都会围绕涌现的中央权威环行。因此全面控制必须由自身最底层相互连接的行动通过并行方式来完成，而非出于中央指令的行为。群体能够引导自己，而且在快速、大规模的异质性变化领域中，只有群体能引导自己。要想无中生有，控制必然依赖于简单性的底层。

递增收益。每当你使用一个想法、一种语言或者一项技能时，你都在强化它、巩固它并使其更具被重用的可能。这就是所谓的正反馈

或滚雪球。成功孕育成功。这条社会动力学原则在《新约》中表述为：“凡有的，还要加给他更多。”任何改变其所处环境以使其产出更多的事物，玩的都是收益递增的游戏。任何大型和可持续的系统玩的也是这样的游戏。这一定律在经济学、生物学、计算机科学以及人类心理学中都起作用。地球上的生命改变着地球以产生更多的生命。信心建立起信心。秩序造就更多的秩序。既得者得之。

模块化生长。创造一个能运转的复杂系统的唯一途径就是先从一个能运转的简单系统开始。试图未加培育就立即启用高度复杂的组织——如智力或市场经济，注定走向失败。整合一个大草原需要时间——哪怕你手中已掌握了所有分块。我们需要时间来让每个部分与其他部分相磨合。通过将简单且能独立运作的模块逐步组装起来，复杂性就诞生了。

边界最大化。世界产生于差异性。千篇一律的实体必须通过偶尔发生的颠覆性革命来适应世界，一个不小心就可能灰飞烟灭。另一方面，彼此差异的实体则可以通过每天都在发生的数以千计的微小变革来适应世界，处于一种永不静止却不会死掉的状态中。多样性垂青于那些天高皇帝远的边远之地，那些不为人知的隐密角落，那些混乱时刻，以及那些被孤立的群族。在经济学、生态学、进化论和体制模型中，健康的边缘能够加快它们的适应过程，增加抗扰力，并且几乎总是创新的源泉。

鼓励犯错误。小把戏只能得逞一时，到人人会耍时就不灵了。若想超凡脱俗，就需要想出新的游戏，或是开创新的领域。而跳出传统方法、游戏或是领域的举动，又很难同犯错误区别开来。就算是天才们最天马行空的行为，归根结底也是一种试错行为。“犯错和越轨，皆为上帝之安排，”诗人威廉·布莱克这样写道。无论随机还是刻意的错误，都必然成为任何创造过程中不可分割的一部分。进化可以看作是一种系统化的错误管理机制。

不求最优，但求多目标。简单的机器可以非常高效，而复杂的适应性机器则做不到。一个复杂结构中会有许多个“主子”，系统不能厚此薄彼。与其费劲将任一功能最优化，不如使多数功能“足够好”，这才是大型系统的生存之道。举个例子，一个适应性系统必须权衡是应该拓展已知的成功途径（优化当前策略），还是分出资源来开辟新路（因此把精力浪费在试用效率低下的方法上。）在任一复杂实体中，纠缠在一起的驱动因素是如此之多，以至于不可能明了究竟是什么因素可以使系统生存下来。生存是一个多指向的目标。而多数有机体更是多指向的，它们只是某个碰巧可行的变种，而非蛋白质、基因或器官的精确组合。无中生有讲究的不是高雅；只要能运行，就棒极了。

谋求持久的不均衡态。静止不变和过于剧烈的变化都无益于创造。好的创造就犹如一曲优美的爵士乐，不仅要有平稳的旋律，还要不时地爆发出激昂的音节。均衡即死亡。然而，一个系统若不能在某个平衡点上保持稳定，就几乎等同于引发爆炸，必然会迅速灭亡。没有事物能既处于平衡态又处于失衡态。但某种事物可以处于持久的不均衡态——仿佛在永不停歇、永不衰落的边缘上冲浪。创造的神奇之处正是要在这个流动的临界点上安家落户，这也是人类孜孜以求的目标。

变自生变。变化本身是可以结构化的。这也是大型复杂系统的做法：协调变化。当多个复杂系统构建成一个特大系统的时候，每个系统就开始影响直至最终改变其他系统的组织结构。也就是说，如果游戏规则的订立是由下而上，则处在底层的相互作用的力量就有可能在运行期间改变游戏的规则。随着时间的推移，那些使系统产生变化的规则自身也产生了变化。人们常挂在嘴边的进化是关于个体如何随时间而变化的学说。而深层进化——按其可能的正式定义，则是关于改变个体的规则如何随时间而变化的学说。要做到从无中生出最多的有，你就必须要有能自我变化的规则。

## 24.2 将宇宙据为己有

九律支撑着令人敬畏的自然界的运作：大草原，火烈鸟，雪松林，眼球，地质时代中的自然选择，乃至从幼小的精子、卵子到幼象的演变……

如今，这些生物逻辑规则被注入了电脑芯片、电子通信网络、机器人模块、药物搜索、软件设计、企业管理之中，旨在使这些人工系统胜任自身的复杂性。

当科技被生物激活之后，我们就得到了能够适应、学习和进化的人工制品。而当我们的技术能够适应、学习和进化之后，我们就拥有了一个崭新的生物文明。

在精确刻板的齿轮系统和繁花点缀的大自然荒原之间，是连绵不断的复杂体集合。工业时代的标志是机械设计能力的登峰造极；而新生物文明的标志则是使设计再次回归自然。早期的人类社会也曾依赖于从自然界中找到的生物学方案——草药、动物蛋白、天然染料等，但新生物文化则是将工程技术和不羁的自然融合在一起，直至二者难以区别，这似乎是件不可思议的事情。

即将到来的文化带有鲜明的生物本性，这是由于受到以下五方面的影响：

◎尽管我们的世界越来越技术化，有机生命——包括野生的也包括驯养的，将继续是人类在全球范围内进行实践和认知的基础；

◎机械将变得更具生物特性；

◎技术网络将使人类文化更有利于生态环境的平衡和进化；



◎工程生物学和生物技术将使机械技术黯然失色；

◎生物学方法将被视为解决问题的理想方法。

在即将到来的新生物时代，所有我们所依赖和担心的事物，都将具有更多天生的属性。如今我们要面对的包括电脑病毒、神经网络、生物圈二号、基因疗法以及智能卡——所有这些人工构造的产品，联接起了机械与生物进程。将来的仿生杂交会更令人困惑、更普遍，也会更具威力。我想，也许会出现这样一个世界：其中有变异的建筑、活着的硅聚合物、脱机进化的软件程序、自适应的车辆、塞满共同进化家具的房间、打扫卫生的蚊型机器人、能治病的人造生物病毒、神经性插座、半机械身体部件、定制的食物作物、模拟的人格，以及由不断变化的计算设备组成的巨型生态。

生命长河，或者说是其流动的逻辑，将始终奔流不息。

对此我们不应大惊小怪：生命已征服了地球上大多数非活性物质，接下来它就会去征服技术，并使之接受它那不断进化、常变常新且不受我们掌控的进程安排。就算我们不交出控制，新生物技术也远比时钟、齿轮和可预测的简单世界要更有看头得多。

今天的世界已经够复杂了，而明天的一切将会变得更加复杂。科学家们以及本书中所提及的那些项目已经在关注如何利用设计规则，使混沌中产生有序，使有组织的复杂性避免解体为无组织的复杂性，并做到无中生有。

## 附录 人名索引

该译本采用随文注解的方式。书中提到的人物有上百个，其中一些人物出现在多个章节里，只有首次出现时，才会注解。为方便读者，特做此索引。列表中的人名按照姓氏第一个字的汉语拼音排列，并在后面注明首次出现的章节。

### A - B

阿基米德 7.1

罗伯特·阿克塞尔罗德 5.5

保罗·埃尔利希 5.2

格瑞特·埃里克 6.7

埃舍尔 5.3

曼弗雷德·艾根 15.6

安伯托·艾柯 13.3

戴维·艾克利 6.4

罗斯·艾希比 5.2

安培 7.3

瑞奇·巴格利 20.5

约翰·巴罗 20.5

柏拉图 7.3

比尔·鲍尔斯 7.2

鲍尔温 18.2

丹·鲍肯 6.1

格雷戈里·贝特森 5.1

马克·波林 3.1

杰克逊·波洛克 14.3

博尔赫斯 13.3

托尼·博格斯 6.1

杰伊·戴维·伯尔特 23.4

迪特里希·布拉斯 2.7

H.S.布莱克 7.2

斯图尔特·布兰德 5.1

汉斯·布雷默曼 15.3

罗德尼·布鲁克斯 3.1

## **C - D**

大卫·查奈尔 6.7

列奥纳多·达芬奇 7.4

丹尼尔·丹尼特 3.3

彼得·丹宁 15.8

马克·戴普 16.1

弗里曼·戴森 6.6

保罗·戴维斯 20.5

科内利斯·德雷贝尔 7.1

吉姆·德雷克 4.3

汉斯·德里施 6.6

德谟克利特 2.1

德日进 11.5

德尼·狄德罗 14.7

尼可·丁柏根 16.4

堵丁柱 2.7

## **F - G**

沃尔特·方塔纳 18.4

莱昂·法尔科 7.2

R.A.费希尔爵士 15.3

海因茨·冯·福尔斯特 3.5

劳伦斯·福格尔 15.3

罗伯特·福罗什 10.5

梅里尔·弗勒德 5.5

爱德华·弗雷德金 6.6

卡尔·冯·弗里希 16.4

弗洛伊德 6.7

杰克·弗农 3.7

彼得·盖布瑞尔 16.3

安东尼·高迪 10.1

哥白尼 6.7

库尔特·哥德尔 20.3

鲁宾·戈德堡 17.3

布莱德·格拉夫 16.3

詹姆斯·格雷克 2.2

H.A. 格里森 6.3

布赖恩·古德温 7.4

史蒂文·杰·古尔德 18.3

拉尔夫·古根海姆 16.2

阿诺夫·古儒柏 22.6

## **H - J**

弗里德里克·哈耶克 7.3

海伦 7.1

威廉姆·汉密尔顿 6.3

凯斯·汉森 3.5

赫伯斯 3.7

T.H.赫胥黎 5.4

黄光明 2.7

威廉·莫顿·惠勒 2.1

约翰·惠勒 20.4

以利·惠特尼 7.3

托马斯·霍布斯 5.5

道格拉斯·霍夫施塔特 2.4

约翰·霍兰德 5.1

威廉·吉布森 11.1

乔治·吉尔德 7.4

约翰·休林-杰克逊 2.4

## **K**

奥森·斯科特·卡德 13.5

詹姆斯·弗朗西斯·卡梅隆 16.7

彭蒂·卡内尔瓦 2.4

卡诺 21.1

罗伦·卡彭特 2.2

艾伦·凯 2.7

迈克尔·凯斯 16.1

尼古拉·康德拉基耶夫 22.6

约翰·柯扎 15.8

克特西比乌斯 7.1

斯图亚特·考夫曼 4.3

约·科恩 6.2

弗雷德里克·克莱门茨 6.3

托马斯·库恩 23.2

詹姆斯·布赖恩·奎恩 11.3

## **L**



皮埃尔·拉蒂尔 7.3

拉马克 5.4

杰伦·拉尼尔 13.3

阿纳托尔·拉普伯特 5.5

约翰·拉塞特 16.2

斯坦尼斯拉夫·莱姆 13.8

克里斯·朗顿 2.6

约翰·劳顿 6.2

康拉德·劳伦兹 16.4

布莱克·勒巴朗 22.6

汤姆·雷 15.1

克雷格·雷诺兹 2.2

戴维·雷泽尔 5.3

奥尔多·利奥波德 4.1

迈克尔·利特曼 15.7

皮特·利特维诺维兹 16.7

史蒂文·列维 15.4

克里斯蒂安·林德格雷 5.5

阿利斯蒂德·林登美尔 16.1

罗杰·卢因 7.4

伯特兰·罗素 7.3

詹姆斯·洛夫洛克 5.2

罗伯特·洛克利夫 6.3

阿尔弗雷德·洛特卡 5.4

## **M**

戴维·马尔 2.4

罗蒙·马格列夫 6.2

林恩·玛格丽丝 5.4

布鲁斯·马兹利士 6.7

马歇尔·麦克卢汉 5.2

沃伦·麦克洛克 7.3

迈克尔·麦肯纳 16.3

罗伯特·梅 6.2

丹娜·梅多斯 22.9

丹尼斯·梅多斯 22.9

派蒂·梅斯 16.5

墨里斯·梅特林克 2.1

托马斯·米德 7.1

盖文·米勒 16.1

马文·明斯基 3.1

劳埃德·摩根 2.3

斯卡·摩根斯特恩 5.5

席多·莫迪斯 22.6

拉尔夫·默克勒 15.9

C.J.穆德 5.2

## **N - R**

艾伦·纽厄尔 15.3

纽科门 7.1

约翰·冯·诺伊曼 5.5

史蒂夫·帕克德 4.1

戴维·帕那斯 11.4

怀尔德·潘菲尔德 2.4

威廉·庞德斯通 5.5

霍华德·派蒂 6.3

桑迪·朋特兰德 16.5

斯图亚特·皮姆 4.3

P.W.普莱斯 5.2

普鲁辛凯维奇 16.1

荣格 7.4

## S

多里昂·萨根 9.4

戴维·塞尔彻 16.3

色诺芬 2.1

布赖恩·山内 3.4

叶夫根尼·舍甫列夫 8.3

圣提雷尔 19.5

李维·施特劳斯 11.2

赫伯特·斯宾塞 5.4

斯马茨 19.4

鲁道夫·斯坦纳 2.1

史蒂文·斯特拉斯曼 16.3

查德·斯威尼 22.6

苏格拉底 7.3

爱德华·苏斯 5.4

弗兰克·索尔兹巴利 8.3

## **T - W**

约翰·汤普森 5.2

哈丁·提布斯 10.5

阿尔文·托夫勒 12.5

托勒密二世 7.1

詹姆士·瓦特 7.1

艾德华·威尔森 15.1

马克·威瑟 10.2

利奥·维纳 7.3

诺伯特·维纳 2.5

乔纳森·韦纳 5.4

戴维·温盖特 4.4

沃丁顿 18.2

米奇·沃尔德罗普 20.5

斯蒂芬·沃尔夫拉姆 6.6

弗拉基米尔·沃尔纳德斯基 5.4

约翰·沃克 16.1

## **X - Z**

丹尼·希利斯 4.4

赫伯特·西蒙 11.4

欧文·薛定谔 6.6

朱利安·亚当斯 6.4

亚里士多德 2.1

道格拉斯·英格巴特 3.1

威廉·詹姆斯 3.3

## 译后记：“失控”的协作与进化

很多人都会认为这本书过于技术化了，不适合阅读。这的确不是一本轻松的读物。事实上，那些有机会先睹为快的朋友们都告诉我，每读上一小节，他们都要停下来，想一想，甚至还要休息一下。不过，他们也无一例外地表示，这是一部真正有价值的书，是一部思想之书、智慧之书。

这样一部读着都很“辛苦”的书，其翻译过程就更不必说了。但翻译的辛苦，并不是值得在这里大书特书的事情——翻译本就是一件苦差事。这部书的翻译过程之所以与众不同，正在于它身体力行地实践了这本书中的思想。

翻译工作早在2008年5月就开始了。起初只有一位译者——同时身怀清华数学系的学士学位和北大哲学系的准博士学位。我们在评估原作后一致认为，这样一个“大部头”，绝不能采用多人协作的方式，否则很难保证质量。现在回过头来看，这其实也是一个近于“荒谬”的结论。上世纪也曾有很多高质量的译著，是由团队协作完成的。只不过后来，地理上聚在一起的团队不复存在，翻译似乎成了“一个人的战斗”，即使有多人参与，也往往是编辑在时间的压力下将原作分成几块，包给不同的译者分头完成而已。译者间绝少通气和交流，因而也不能称之为“协作”，并且质量也无法得到保证。

到了2008年底，《失控》的翻译进度远远落后于计划——只完成了初稿的四分之一左右。无奈之下，我决定铤而走险，通过社区公开招募的方式，选拔了另外8名译者。这些译者中，有大学生，有中学教师，有大学老师，有国家公务员，更多的其实连做什么我都很不清



楚。他们与之前的译者组成一个虚拟团队，以协作的方式继续工作。为此，我们创建了维基页面和Google小组。

协作一开始就处在一种“失控”的状态：章节段落是自由认领的，译者们喜欢哪一章就在维基页面那章的标题后面注上自己的ID。有的译者只小心翼翼地认领半章；也有的译者死乞白赖地求手快的译者把喜欢的章节让给自己。作为协作翻译的组织者，我只是维护一张表格，每周向大家汇报进度而已。虽然感觉上有些乱哄哄的，不过也没出什么大问题，每周的进度也很令人满意。

很快新的问题又冒出来了。有些译者将翻译过程中遇到的难点发到Google小组里，引起了争论，并且常常谁都很难说服谁。这时候我觉得有必要设立某种仲裁机制了，于是提出由大家推举三位译者组成仲裁小组，作为最终的裁定机构。想不到的是，我的提议竟然遭到了所有译者的反对。“不，我们自己能摆平这些问题！”好吧，于是我缩回去继续做我那份很有前途的进度汇报工作。

仅仅用了一个半月的时间（中间还过了一个春节），全书的初稿就奇迹般地完成了。鉴于之前的组织工作实在“混乱”，也不“规范”——譬如说，事先并没有一个统一的术语表，只是译者们在翻译过程中觉得哪些术语有必要统一，就把它们添加到一个维基页面上；但其他译者是否认可和遵从，也没有强制约束——因此，大家一致同意进入互校阶段（事实上，有些手快的译者在此之前已经完成了一遍对自己那部分的自校工作）。

互校中也免不了吵吵闹闹。但还有更“节外生枝”的事情发生。一位译者用了一周时间，将书中所涉及的过百个人物在互联网上检索了一遍，做了注释；另一位译者列出了他认为对理解本书来说至关重要的三十几个关键词；还有几个译者从自己的专业背景出发，结合从维基百科、互动百科上查到的词条，为专业术语做了加注。大家今天看到的这本中文版中，注解多达400多个！这正是译者们的工作成果。

两轮互校完成后，大家又推举了一位译者对全书文字做了润色。到2009年5月，这种“蜂群思维”式的协作基本上告一段落。第一版的中文《失控》诞生了。那时候，全部的译文都放在维基页面上，并且谁都可以看到。现在网上能找到的《失控》译文，基本上都是那个版本的节选和转载。

这之后，我决定由我对全书再做一次终校，以进一步提升质量。谁曾想，这一校就是一年多。其间经历了我被迫离开联合创业并担任总经理的公司，从头建设一个新的网站和社区——“东西”。好在团队承担了绝大部分工作，社区也给了我莫大的鼓励和帮助。我得以在这一年多的时间里，时断时续地完成了终校工作。说是完成，其实也不确切，最终还是未来得及对第22章和第23章进行终校。因此，这一版的中译本还算不上完美，还有很大的进化空间。

终校的“拖沓”，在我看来并不能算是“失败”，它从某种程度上再次验证了《失控》中所提及的思想，并让我们更深刻地认识了“众包”这一互联网经济时代的新模式。

如果说终校之前的协作是在一个扁平层级上的“蜂群思维”，那么终校则是在这个层级之上的更高级行为。这里的层级不是阶级的层级，而是功能的层级。正所谓“革命只有分工不同，没有高低贵贱之分”。

理想状态下，高层级的行为不应简单重复低层级的行为。“终校”与其说是“校”，不如说是“读”。我依靠自身的知识背景，通读译文，遇到别扭或难解之处，再去对照原文。不过在这个过程中，我发现译文的质量参差不齐，一些章节不得不近于重翻一遍。但这并不是译者们的的问题，而是因为08年底的时候，我们还没有能力通过社区招募到这么多能够充分胜任《失控》这本书的译者。

即便在两年后的今天，我们也不敢保证能够通过社区招募到数量恰恰好、水平恰恰够、文风足够近的译者来组成一个完美的协作团队。而且我相信，不论是现在还是将来，达成这个目标的几率都几乎为零。

这也就是“众包”的特点——带有一定的不确定性和不可控性。

在继续讨论“众包”模式之前，先澄清一个曲解。“众包”不是“威客”。借助网络从茫茫人海中筛选出最突出的个体来完成任务，这其实是“超女”的海选；没有了协作，没有了“蜂群思维”，也就不成其为“众包”。

不确定性往往使人们感到不安，而不可控性更是被视为现代企业管理的大敌。然而从另一方面讲，不确定性和不可控性也正是创新的源泉、进化的动因。这点毋需我来赘述。

如何既不抹杀创造性和进化空间又能保证产品和服务的质量？

答案就是层级架构，而且往往只需要两个层级就足够了：下层是充满活力的“蜂群”式协作，上层则对产品或服务的最终质量进行把控。《失控》中用了一个相对专业的术语来描述这种结构——包容架构；其所涉及的细节和故事，也要比我这里的三言两语丰富得多。

《连线》编辑Jeff Howe最初在06年提出“众包”的时候，认为是网络 and 科技产品的进步——譬如数码相机——使得原本需要专业人士才能完成的工作由业余人员就可以完成，并且在海量的业余作品库中，总有一款适合你。

四年之后，我们相信，“众包”需要重新定义。

Je Howe的立论基础并非今天所特有。历史上每一次重大的科技进步，都会将某个原本高高在上的行业或技能“贬值”为大路货，譬如书

写。只不过今天，科技发展如此迅速，使得成千上万的行业和技能在瞬间就从“专业”的顶峰跌入“业余”的谷底，让那些专业人士们无所适从。而至于说海量的内容库，拜托，我们已经在为信息过载而头疼了。

因而，我们在这里所说的“众包”，是以“蜂群思维”和层级架构为核心的互联网协作模式。嗯，就是这样。

好了，感谢你耐心地读到这里，而不是一看见“后记”这样的字眼就一把把这几页纸撕掉——我听过不止一个人表达过类似的强烈愿望。

感谢参与《失控》协作翻译的译者们：陆丁、袁璐、陈之宇、郝宜平、小青、张鹃、张行舟、王钦、顾珮钦、卢蔚然、gaobaba；感谢“东西”团队：傅妍冰（西西）、张文武（铁蜗牛）、师北宸、郝亚洲、王懿、管策、周峰、张宁、杜永光、左向宇、任文科（Kevin.Ren）、王萌（Neodreamer）；还要感谢曾协助校对的金晓轩。

感谢鼓励和帮助我一路走来的朋友们：张向东、毛译敏（毛毛）、刘刚。

更要感谢KK对我们的包容和支持。

也期待《失控》中译本在你我的手上继续进化！

赵嘉敏（拙尘）  
2010年11月于北京



译言·东西文库

KK三部曲·反思

# [科技想要什么]

[美] 凯文·凯利\_著 熊祥\_译

科技让每个人都有机会明白自己的身份，  
更重要的是，它可以告诉我们，我们可以变成什么样的人

What  
Technology  
Wants

KEVIN KELLY



中信出版社·CHINACITICPRESS

## 图书在版编目 (CIP) 数据

科技想要什么/ (美) 凯利著; 熊祥译.—北京: 中信出版社, 2011.11

书名原文: What Technology Wants

ISBN 978-7-5086-3037-3

I. 科... II. [1]凯...[2]熊... III. 未来学—普及读物 IV. G303-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第188115号

What Technology Wants by Kevin Kelly

Copyright © 2010 by Kevin Kelly

Simplified Chinese translation edition © 2011 by China CITIC Press

All rights reserved

本书仅限于中国大陆地区发行销售

## 科技想要什么

KEJI XIANGYAO SHENME

著者: [美]凯文·凯利

译者: 熊祥

策划推广: 中信出版社 (China CITIC Press)

出版发行: 中信出版集团股份有限公司 (北京市朝阳区惠新东街甲4号富盛大厦2座 邮编 100029) (CITIC Publishing Group)

承印者:

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 23.75

字数: 300千字

版次: 2011年11月第1版

印次: 2011年11月第1次印刷

京权图字: 01-2010-7819

书号: ISBN 978-7-5086-3037-3/F·2461

定价: 58.00元

版权所有·侵权必究

凡购本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由发行公司负责退换。

服务热线: 010-84849555

服务传真: 010-84849000

网站: <http://www.publish.citic.com>

投稿邮箱: [author@citicpub.com](mailto:author@citicpub.com)



# 科技想要什么

[美]凯利 著  
熊祥 译

中信出版社

# 目录

## 推荐序一 科技的呼吸和脉动

## 推荐序二 星汉灿烂 若出其里

### 第一章 我的疑惑

## 第一部分 起源

### 第二章 发明我们自己

### 第三章 第七王国的历史

### 第四章 外熵的扩展

## 第二部分 规则

### 第五章 大发展

### 第六章 注定的发展方向

### 第七章 趋同性

### 第八章 倾听科技之声

### 第九章 选择必然

## 第三部分 选择

### 第十章 邮包炸弹客言之有理

### 第十一章 阿米什改装者的经验

### 第十二章 寻找欢乐

## 第四部分 方向

### 第十三章 科技的轨迹

## 第十四章 无限博弈

### 致谢

# 推荐序一 科技的呼吸和脉动

文/段永朝（财讯传媒集团首席战略官）

知道亚洲象会用长鼻子卷着枝条拍打蝇虫，也知道寒武纪曾有动物种群的大爆发，这叫知识。

盯着岩蚁的窝，看着忙忙碌碌的工蚁搬食物，赞叹这精灵的神奇；望着燕子口衔虫儿给雏燕喂食，心里涌过一阵阵暖意，这叫情感。

穿越数十亿年时空，想象夜幕中飘落的微尘，或许是千年沧桑的遗迹；掩卷长思，跳跃的音符总能激活大脑某个部位的颤动，冥想于：“我是谁？我从哪里来？去向何方？”这叫智慧。

凯文·凯利的这本新书《科技想要什么》，既富含知识，又充满激情，更富有智慧。

## 思想的行者

1952年，凯文·凯利出生于美国宾夕法尼亚州，1971年在罗得岛大学念书一年后即辍学，后成为自由摄影师。

20岁至27岁间，凯文·凯利远足亚洲，在日本、韩国、中国台湾、菲律宾、泰国、缅甸、印度、斯里兰卡、巴基斯坦、孟加拉国、尼泊尔、阿富汗、伊朗等地游历。27岁在耶路撒冷，凯文·凯利经历了一次神奇的体验，他觉得自己的寿命只有6个月，于是孝顺父母，广为布施，看望亲友，然后在万圣节之夜“死”去。

回到美国后，这个在精神上经历过一次“死亡”的人，骑自行车跋涉5000英里，横穿整个美国，体验生命的光辉。

在接下来的30年里，他用自己的方式热烈拥抱着这个飞速发展、眼花缭乱、日益技术化的世界，用自己独到的眼光和智慧，在思想光辉的尽头、在人迹罕至的边疆，发掘着暗藏在强大技术力量背后的生命之音。

1981年，凯文·凯利创办了自己的杂志《步行》（Walking Journal）。他曾是《全球评论》、《信号》、《全球概览》的编辑和重要的撰稿人，他的文章在《经济学人》、《纽约时报》、《时代》周刊、《科学》杂志等重量级媒体上广受赞誉。他参与创办的全球电子链接WELL（Whole Earth Electronic Link）迄今仍然是最具人气、最有智慧的社区之一。

1999年，著名导演沃卓斯基在拍摄大片《黑客帝国》（Matrix）时，凯文·凯利的著作《失控》（Out of Control）曾被指定为全体演职人员必读的三本书之一。

他是一位思想的行者。

## **技术元素与第七王国**

20世纪无疑是科技大发展的世纪。电报、电话、电视、电脑的快速普及，卫星、航天飞机、宇宙飞船的飞速发展，抗生素、基因药物、化学合成制剂的大量发明，高速公路、铁路、大型客机的广泛使用，还有数不清的科技产品、科学发现成为人们日常生活中随处可见的元素，渗透到各个角落。

科技已经包围、席卷了人的工作与生活。

对科技产品的赞叹和恐惧，交织在一起，成为现代人普遍的心理情结。长期的大众传播和科学教育，在面对这种两难困境时，往往表现得束手无策。或者把批判的目光指向操纵科技背后的“利益之手”，或者将空泛的进步理念寄托在未来更高、更快、更强的科技发明。

无论哪一种，都有一个共同的认识：科技是外在于人而存在的，科技只是人的产物，是工具；人可以，并且应当驾驭它。

凯文·凯利的这部书，试图颠覆这种定见。

在他看来，与人类共同进化的、被称做“技术元素”的这支力量，并不是晚近数百年、几千年的产物，而是伴随着生命演化数十亿年的整个过程。

漫长的生物进化中，猿人、智人和现代人与环境的关系、与外在世界的关系，其实无一不与“技术元素”的酝酿、发育、演化有关。

这个除微生物、菌类、植物和动物的“第七王国”，貌似拥有了自己的自主进化能力，孕育出自己的倾向性、组织性和活力，与生物界和人类交织缠绕、共生演化。

“保持差异的努力与熵的拉力之间的斗争，创造了自然界的奇观”，这种从物理学底层获得的启示，预示着“进化，乃至技术元素，遵循由物质和能量的本质决定的固有方向”。

这一“固有方向”仿佛有意地将生物引导到一个高度复杂的、精巧的方向，比如眼睛、翅膀、双足、回声定位系统，以及蚂蚁、蜜蜂、啮齿动物和哺乳动物的互助行为。更重要的是，这种“趋同进化”是跨物种的。

承认科技发展仿佛有固有的“方向”，第一眼会被视为“拟人”的写作手法。

的确，这部伟大著作中，随处可见这种“拟人”的手法。但是，细细体察凯文·凯利的良苦用心，你会觉得并非这么简单。

那种认识到科技已经显露出“自己的倾向性”的人，极有可能像泰德·卡钦斯基（见本书第十章）一样，对科技侵蚀、奴役这个世界抱有深切的反感。然而，卡钦斯基无疑是彻底拒绝技术的极端典型。

与卡钦斯基试图终止科技进程的鲁莽做法不同，阿米什人（见本书第十一章）有选择、有节制地运用技术元素，通过集体的选择方式，最大限度地适应科技的进化节奏，仿佛是另一种深刻的隐喻：科技带来的种种负面效应，或者灾难，往往是人的局限所致。

但是，凯文·凯利的思考，并未就此止步。

## 科技想要拥抱生命

海德格尔对技术的批判理论，以德国哲学特有的思辨精神，指出科技背后“异化”自然、异化人的力量，认为这个世界充满悖谬：科技显示着人的智慧，同时也放大着人的贪婪；科技在逼索自然呈现、展示更多的内在元素的同时，也在将人逼进一个冷峻的“座架”。

海德格尔认为，这种貌似宿命的技术现实，本质上是人所无法控制的，但获得拯救的机会也恰在于此：“救渡乃植根并发育于技术之本质中。”

与海德格尔思想异曲同工的是，在凯文·凯利看来，这种势不可当的力量，并非简单地将科技划分为“好的”和“坏的”就可以安枕无忧。

嵌入到人的认知和行为间无法剥离的“技术元素”，仿佛与人拥有同样的心跳和呼吸，它想要冲破重力、混乱、混沌的束缚，寻求最大的表现力和生命力，它表现出的组织活性、亲和力，需要人仔细倾听、细心捕捉，并与之共舞。



比如复杂性，技术元素的复杂性在提高，但更重要的是“各种技术血液中被添加了信息层，经过重组用于更复杂的产品”。

比如多样性，多样性往往是杂乱无章的另一种说法，但“多样性提高是健康的征兆”。

比如自由，凯文·凯利指出，自由的含义并非可以率性而为，而是“选择的自由”。

在凯文·凯利看来，“技术元素向共生性的发展推动我们去追逐一个古老的梦想：在最大限度发挥个人自主性的同时，使集体的能力最大化”。

在他的眼里，网络“就像你的情人”，“技术元素准备操纵物质，重组它的内部结构，为其注入感知力”。

总之，科技想要拥抱生命，它想要进化、想要秩序、想要充满神奇、充满活力的未来。

## 与科技结缘

凯文·凯利被誉为赛博文化的先知和游侠。然而，从这本书里试图寻找任何确定性的答案，是徒劳的。

凯文·凯利的思想精髓在于：用生命特有的眼光，注视那些外在于个体的一切事物，不把它们看成是“死寂”的、无生命的，而是按照生命特有的脉动，与这个世界一同呼吸，积极投身于这个世界无穷的博弈中，拥抱生命，感受生命。

用全新的视角体察生命，把技术元素尽括其中：与科技结缘，这就是启示。

与科技结缘的新型“人-技关系”，借用荷尔德林的诗句，是这样一幅画面：“充满劳绩，然而人诗意地栖居在这片大地上。”

## 推荐序二 星汉灿烂 若出其里

文/姜奇平（中国社科院信息化研究中心秘书长、《互联网周刊》主编）

凯文·凯利的思维，气魄宏大。读《科技想要什么》，给我的感觉，好似曹操的《观沧海》：“日月之行，若出其中；星汉灿烂，若出其里。”二者有一共同点，都将自然、生命，置于银河宇宙之中，以上帝之眼，加以统观。

凯文·凯利立论的意义何在？

《科技想要什么》一书的主要内容，是从宇宙的视角探索人与科技的关系。其主题用凯文·凯利的话说就是：“人类不是科技轨迹的终点，而是中点，恰好在生命和制造品中间。”这话在浸染于信息界多年的我听来，力重千钧，我感到它指向的是文明的元命题。

我们知道，工业文明的元命题，来自笛卡儿。笛卡儿用“我思”作为巨斧，将心与物，一刀两断。从此，生命与机器分离了。工业化的洞天石扉，在这鬼斧神工之中，訇然中开。几百年工业化的芸芸众生，不过是“开天地”后的余波延续。

凯文·凯利提出的，则是一个反命题，他要把被工业化分裂的心与物天门，用笛卡儿同样的力道，轰然合上。用信息革命理念，开辟新的天地。

心与物，在凯文·凯利这里，对应的是生命与机器。这是凯文·凯利思考信息技术问题的主线。

1992年，凯文·凯利帮助创办《连线》杂志这一“数字文化的官方喉舌”，开始了他悟道信息科技的天路历程。凯文·凯利思考的核心，一直围绕人与科技的关系，得出的结论，与工业化的理念正好相反。

在1994年出版的《失控》中，凯文·凯利详细探讨的是科技系统开始模仿自然系统的方式。现在，他又注意到，“生命系统也具备机械过程——例如计算——的抽象本质”。机械的系统在生命化，生命的系统在机械化，心与物在双向地与对方融合。这预示着历史的逆转。

凯文·凯利作为信息技术的先锋，提出问题本身，对传统就具有十足的挑战意味。工业化赖以成立的世界观基础，就是人征服自然，为此必须假设生命与机器对立，而且是在世界存在的根子上假设。这是笛卡儿心物二元论受到认可的原因，他这一斧头砍下去，自然科学与人文科学对立、科学主义与人本主义对立……等等后来发生的事情就自然而然了。

但是，如果生命长入了机器，机器长入了生命。工业化的逻辑就逆转了。凯文·凯利想要证明的，正是这件事：“如果DNA可以制作成正在运行的计算机，而计算机可以像DNA那样进化，那么在人工制品和自然生命之间有可能——或者说一定——存在某种对等关系。科技和生命一定共同具备某些基本属性。”一旦信息技术与生命技术合流，人们马上可以期待的，将是工业化的反现象，即生命与机器的一体化。首先被证伪的，将是笛卡儿。接着崩溃的，将是康德哲学，因为物自体与主体将“共同具备某些基本属性”。人类的判断力将重新进行“批判”。接下来将是多米诺骨牌：工业化技术体系、工业化生产关系、工业化上层建筑……“一切坚固的东西都将烟消云散”。我说凯文·凯利的立论力重千钧，就在这里。

凯文·凯利是怎么论证的呢？

对于心物何以从对立的二元，变为融合的一元这个困难的问题，凯文·凯利指出其中的关键在于，信息是连接此岸与彼岸的纽带。

凯文·凯利以上帝的口吻（我猜是缓缓地）说：“从宇宙视角看，信息是世界的主导力量。”

接下来的笔法，读过《圣经》的人都会眼熟：“在宇宙的初始阶段，即紧接着大爆炸之后的时期，能量支配存在。当时辐射是唯一的存在，宇宙就是一团光。渐渐地，宇宙膨胀并冷却，物质成为主导者。物质成块状，分布不均匀，但它的结晶性质产生引力，开始塑造宇宙。随着生命的出现（就在人类的周边区域），信息的影响增大。我们称之为生命的信息过程数十亿年前控制了地球的大气层。现在，另一个信息过程——技术元素，正在重新征服地球。”

要说曹操，为什么伟大呢？他看见大海边的一丛树木，一下就想到“星汉灿烂，若出其里”那么远。一般人面对一条信息，顶多望文生义，想到它说的是，谁谁谁，你妈叫你回家吃饭。这同只看到一丛树木，没留神后面还躲猫猫着一个银河系一样。凯文·凯利过人之处在于，他把信息放在宇宙的大尺度中观察（比所谓星汉亦即银河系还远），看穿信息的宇宙本质。这就跳出了信息技术、生命技术，更不用说信息产业等表面现象。

这并没有完，凯文·凯利进一步归纳信息的本质。他自己杜撰了个词叫“外熵”，实际就是人们常说的负熵，想强调的是其自组织的积极含义。它相当于中国古典的“生生不息”，或今人所说的涌现、生成，相当于老百姓口头说的创造。

凯文·凯利与笛卡儿的“我思故我在”完全相反，指出：“从根本上说，科技的主导地位并非因为它诞生于人类意识，给予它这种地位的是一个同样可作为其本源的自组织，并且这个自组织还孕育出星系、行星、生命和思维。它是始于大爆炸的巨大非对称轨迹的一部分，随

时间的推移而扩展为最抽象的非物质形态。”我们对比《易传》贲卦：“刚柔交错，天文也；文明以止，人文也。观乎天文，以察时变；观乎人文，以化成天下。”同样认为“生生不息”这一类似于“外熵”的本原，超越天文、人文，是心物一元的，且化成一切。可见，凯文·凯利悟道已悟到本原深处。

凯文·凯利说：“我希望本书能够阐明：自我创造的单线将宇宙、生物和科技串接成一个创造物。与其说生命是物质和能量产生的奇迹，不如说是必然产物。与其说技术元素是生命的对立面，不如说是它的延伸。”一不做，二不休，他把经济也装进去了。“我们正逐渐用无形的设计、灵活性、创新和智能化取代刚性的沉重的原子。从非常现实的意义上说，我们向以服务 and 理念为基础的经济迈进，是延续某种从宇宙大爆炸就开始的趋势。”这同钱德勒一旦发现信息成为转型国家的力量后，一口气把美国的信息技术史往前倒腾了300年一样。等于告诉世人，你们今天看到的IT，并不是你们所自以为是的那个东西。信息有更深的本性，看山不是山，看水不是水，在你们意料之外。

凯文·凯利论证的现实意义何在？

不久前，在讨论信息社会共识时，中国信息经济的泰斗乌家培教授对有人在下一代新兴技术重点的确定上，把生命技术与信息技术对立起来，把生命技术当做另一个时代而厚此薄彼，表示担忧。读一读《科技想要什么》可以明确领悟到，地球生命只不过是信息在DNA这一特殊载体上的存在。凯文·凯利在本书和《失控》中都认为，在宇宙中可能存在不以DNA方式存在的信息和生命。他说：“科学家得出一个惊人的结论：无论生命的定义是什么，其本质都不在于DNA、机体组织或肉体这样的物质，而在于看不见的能量分配和物质形式中包含的信息。”

从文明高度看，信息、生命、DNA这些都只是石头，而不是河本身。中国人擅长摸着石头过河，但往往把石头当成了河。摸到信息技

术，说这条河是信息化，摸到了生命技术，就说这条河变了。结果成了狗熊掰棒子。信息社会、信息文明的共识，要建立在历史长河的深入认识之上。凯文·凯利的精彩论述，让我们领教了什么叫大尺度历史，这条河相对石头来说，有多长、多深。

此时，我们再回味这本书的“星汉灿烂，若出其里”，不是会有一种从当前急迫现实问题跳出来，倚杖听涛声，听银河涛声的恢弘感觉吗？



# 第一章 我的疑惑

## 专家导读 <sup>[1]</sup>

这是本书最重要的一章。理解凯文·凯利的疑惑，以及背后的焦虑，是耐心读下去的关键。

凯文·凯利的疑惑，说起来平淡无奇，在你我日常生活之中随处可见。

比如说，我们的生活中充斥着“技术元素”，甚至我们指望更强大的抗生素、更神奇的纳米科技、更开放的网络系统和新型的能源，为我们带来更便捷、舒适、安全的生活。

另一方面，我们对科技生活处处充满恐惧：我们担心科技会剥夺人的权力，甚至某一天会主导人的世界；我们焦虑科技背后，是否总是暗藏着一只邪恶的眼睛；我们哀叹无法与强大的科技抗衡，同时已经无法想象，没有科技的生活……

如果凯文·凯利的疑惑仅仅是这些，那说明他的焦虑并未超越海德格尔的技术批判理论，也没有超越伴随晚期资本主义和高科技兴起的“生态主义”、“环保主义”和绿党政治。

凯文·凯利试图看得更远。

在“非人力动力”成为工业革命的引擎，人工智慧业已侵入人类生活，真正的“自然界”正不可逆地演化为“人工自然”的时代，“科技的生命化”特征，已成为现实世界无法根除的特征。凯文·凯利的疑虑，用他自己的话说，叫做：“科技是否具备人性？”

这并非用拟人化的浪漫语言来描绘我们周遭的科技事务。提出这一问题的根本冲动，是想重新思考“人与机器的关系”，这种关系并非事前确立一个前提：科技是人脑的产物——就这么简单。这种

思考导向一个富有人情味，但绝非仅仅是人情味的话题：科技想要什么？

在本章的末尾，凯文·凯利提前给出了这一问题的答案：“意识到它（指科技）的需求，大大减少了我在决定如何与科技交往时的困扰。”

我一生的大部分时光在赤贫中度过。从大学辍学后，近10年的时间里，我身着廉价运动鞋和破旧的牛仔裤游荡于亚洲的偏远地区，有大把的时间，却没有金钱。我最了解的城市被中世纪的财富包围，走过的土地受着古老农耕习俗的束缚。伸手触摸的每件物体，几乎肯定是由木头、纤维或石头构成的。我用手抓东西吃，在山谷中艰难前行，席地而卧。行李很少，个人财物总计包括一只睡袋、一件换洗衣服、一把铅笔刀和几台照相机。在与大地的亲密接触中，我感到迫切需要科技的保护。没有那种保护，我经常感觉发冷或发热，常常被雨淋湿，被昆虫叮咬的次数增加，生理节奏与日夜和季节同步。时间似乎取之不尽。

在亚洲待了8年后，我回到美国。卖掉微薄的家产，购置了一辆价格不菲的自行车，然后从西向东横穿北美大陆，曲折行车5000英里。这次旅程最令我难忘的是滑行通过阿米什人位于宾夕法尼亚州东部的大片农田。阿米什人是我在北美大陆发现的最接近我在亚洲所感受到的科技最小化状态的群体。阿米什人对财物的选择让我心存敬意。他们不加装饰的住所令人非常舒心。我体会到自己的生活——因高科技而顺畅——与他们的生活并行不悖，也尝试将生活中的技术元素减至最少。抵达东海岸时，除了自行车，我一无所有。

我成长于20世纪50~60年代的新泽西州郊区，生活中科技无处不在。但是直到10岁时，家里才有了电视机，而且当它真正出现在家中时，我完全不感兴趣。我目睹了电视是如何影响朋友们的。电视技术有着不同寻常的力量，能够在特定时刻召唤人们，几个小时内吸引住

他们。电视播放有创意的商业广告，告诉人们获取更多科技产品。人们接受了这种宣传。我注意到其他有影响力的技术（例如汽车）似乎也可以使人们顺从，推动他们购买和使用更多的科技产品和服务（高速公路、汽车电影院、快餐）。我决定将自己生活中的技术元素压缩到最低限度。青少年时期，我很少与人聊天，对我而言，科技自言自语的嘈杂声仿佛掩盖了朋友们的真实声音。越少涉入科技的逻辑循环，自己的人生轨道似乎就越顺畅。

横穿美国的自行车之旅结束的那年，我27岁。我在纽约州北部购置了一块廉价土地，隐身于此，那里林木繁茂，不需要任何建筑规范。我和一位朋友一起，砍下橡树，锯成木料，用这些自制的木材建起了一所房子。我们钉紧每一块杉木板，依次搭在屋顶上。我还清晰记得搬运数以百计的大石块修建一堵护土墙的场景，这墙不止一次被溢出的溪水冲垮过。我靠自己的双手搬运了很多次。另外，我们用了更多的石块在客厅砌好一座巨大的壁炉。尽管工作很辛苦，但这些石块和橡树木材让我充分体验到阿米什般的满足感。

不过，我不是阿米什人。我认为，如果要砍倒大树，使用链锯是个明智选择，任何一位拥有链锯的森林部落成员都会同意这一点。一旦我们的注意力被吸引到科技上，并且更加确定自己的需求，那么，某些技术优于其他技术就是不言自明的了。如果说在不发达世界的旅行教会我一些道理，这道理就是：阿司匹林、棉衣、金属罐和电话是伟大的发明。它们属于好的技术。世界各地的人们尽其所能获取这些物品，几乎没有例外。任何人，如果曾经拥有设计完美的便捷工具，就会明白它可以扩展自己的精神世界。飞机拓宽了我的视野，书本开启了我的思想，抗生素挽救过我的生命，摄影术激发出我的灵感。甚至链锯——可以轻松锯开手斧难以对付的树瘤，也渐渐让我对树木的美丽和力量心怀敬意，这种敬意是世界上其他任何事物都无法产生的。

我开始痴迷于挑选几种可以拓展精神世界的工具。1980年，我成为《全球概览》（The Whole Earth Catalog）的自由撰稿人，这家杂志让读者自己从浩如烟海的自编素材中选择和推荐合适的材料。20世纪70~80年代，《全球概览》本质上是一家先于网络和计算机出现的由用户建立的网站，使用的是廉价的新闻纸。读者即作者。人们精挑细选的简单工具能够引发生活的变化，这令我激动不已。

28岁时，我开始销售邮购的自助游指南，这些资料包括关于如何进入占世界大部分的科技欠发达地区的信息。当时，我仅有的两项重要财产是自行车和睡袋，因此从朋友那里借了一台计算机（早期的苹果二代），使我的兼职实现自动化，又找到一只便宜的电话调制解调器，通过它把文档发送给印刷厂。《全球概览》的一位对计算机感兴趣的编辑同事私下给我一个来宾账号，使我得以远程参与一个处于试验阶段的电话会议系统，该系统由新泽西理工学院的一位教授管理。不久我发现自己沉迷于一件规模更大、范围更广的事物：新生的网络社区。对我来说，这是一块比亚洲更陌生的新大陆。于是我开始对它进行报道，仿佛在报道异域的旅行目的地。令我深感惊讶的是，我发现这些高科技计算机网络并没有使我这样的早期用户迷失心智，而是丰富了我们的思想。这些由人和电线构筑的生态网络具有某种意想不到的有机性。在完全的虚无之外，我们正在培育虚拟的共同体。数年后当互联网终于出现时，对我来说早已不是新鲜事物。

随着计算机进入我们生活的中心，我对科技有一些过去未曾注意到的新发现。科技除了能够满足（和创造）欲望以及偶尔节省劳动力之外，还有其他功能：创造新机会。我亲眼见证了在线网络将人们与观念、选择以及在其他情况下不太可能遇到的人联系起来。在线网络释放了激情、多重创造力和无私精神。就在这个具有重大文化意义的时刻，当专家们宣称写作已经消亡时，数百万人开始在线写作，数量比过去还要多。就在专家们断言人们会离群索居时，数百万人开始大批聚集。通过网络，他们以无数种方式组成团体，合作共享，共同创

造。这对我是一种新的体验。冷冰冰的硅质芯片、长长的金属线和复杂的高压设备在孕育我们人类最优秀的技术成果。就在我发现计算机网络激发灵感并使机会多样化的过程后，马上意识到其他技术，例如汽车、链锯和生化技术，对了，甚至还有电视机，都具备同样的功能，只是方式略有不同。这令我对科技的认知完全不同以往了。

我热衷于早期的远程会议系统，1984年，《全球概览》以网上办公的形式聘用我，帮助编辑第一本评论个人电脑软件的消费者出版物。（我相信，自己也许是世界上第一个被在线聘用的人。）数年后，我参与建立新兴的互联网的首个大众网络接口：被称为WELL的门户网站。1992年，我帮助创办《连线》杂志——数字文化的官方喉舌，在发行的前7年里担任内容策划。从那时起，我就坚持尽可能少地使用科技产品。现在，我的朋友们从事各种发明创造工作，包括超级计算机、基因药物、搜索引擎、纳米技术和光纤通信，所有这些都是新生事物。目及之处，我都能看见科技的改造力量。

但是，我没有掌上电脑、智能手机或者蓝牙设备之类的产品，也不写微博。我的三个孩子在拒绝电视的环境中长大，现在家中仍然没有广播或有线电视。笔记本电脑和我无缘，旅行时也不会携带电脑。在我的圈子里，我常常最后一个添置最新的必备设备。现在我骑车的时间比开车要多。朋友们忙于应付不断振动的掌上设备，而我继续与各种各样的科技产品保持距离，以免忘记自己的身份。同时，我还管理着一家很受欢迎的内容每日更新的网站，名为“绝妙工具箱”，很久以前我在《全球概览》评估读者精选出的提高个人自主性的工具，这个网站就是那份工作的延续。我的工作室源源不断地收到自制工具，提供者希望得到宣传。它们当中有很大一部分再也没有被领走，我周围堆满了器物。虽然生活中小心翼翼，但我还是有意地选择了让自己尽可能多地接触科技产品。

我承认，自己与科技的关系充满矛盾。我想各位读者也会面对这样的矛盾。今天，我们的生活无法摆脱这样一种复杂且持续的现实，即越来越多技术元素带来的便利和个人减少对科技的依赖性之间的对立关系：我应该给孩子买这件设备吗？我有时间熟悉这套节省劳动的设备吗？进一步的话，还会考虑：总之，科技到底将从我的生活中夺去什么？这是怎样的一股全球性的力量，令我们既爱又恨？我们该如何应对？可以拒绝吗？或者，每种新科技都是必然出现的吗？面对不断涌现的新事物，我应该支持还是质疑——我的选择重要吗？

我需要找到这些答案，在我面对科技左右为难时予以指导。我的第一个疑惑是最基本的。我意识到，对于什么才是科技，过去我一无所知。它的本质是什么？如果不知晓科技的本质，那么当一项新的技术问世时，我将缺乏评判的框架来判断应该以热烈还是消极的心态去接受。

我对科技本质的疑虑以及与它的矛盾关系让我花了7年时间思考，并最终促成本书的写作。我的研究让我返回时间的起点，又前往遥远的未来。我深入探究科技史，在硅谷——我的住处——聆听未来学家的演讲，富有想象力地描述未来的情景。我与一些最激进的科技评论家和他们最热情的粉丝面谈；回到宾夕法尼亚乡下，花更多的时间与阿米什人在一起；在老挝、不丹和中国西部的山村中旅行，倾听物资匮乏的穷人的心声；访问实力雄厚的企业的实验室，这些实验室在努力研发大家公认未来几年必不可少的用品。

越仔细观察相互矛盾的科技发展趋势，我的疑惑就越深。我们对科技的困惑通常起始于某个非常具体的考虑：我们应该允许克隆人类吗？长期通过手机短信交流会让孩子们变成哑巴吗？我们希望汽车自动寻找车位停泊吗？随着疑惑的加深，我意识到要想找到令人满意的答案，我们首先需要把科技看成一个整体。只有通过了解科技史，预

测它的发展趋势和偏好，追踪当前方向，我们才有希望解决个人困惑。

尽管科技有着强大的影响力，但它看不见，难以发现，不可名状。举个例子：自1790年乔治·华盛顿第一次发表国情咨文以来，每一任美国总统都要就国家现状、前景和全球最重要的力量向国会发表年度咨文。1939年之前“科技”这个术语从未以口语的形式出现。1952年之前，它从未在一篇国情咨文中出现两次。毫无疑问，我的祖父母和父母已被科技包围！但作为所有发明的总和，在其成熟期的大部分时间里，科技是个无名氏。

“technelogos”这个词字面上来自希腊语。古希腊人使用“techne”这个词时，指的是艺术、技能、手艺，甚至还有聪明的意思，最贴切的翻译也许是“才智”。techne用于表示巧妙运用现有条件完成任务的能力，从这个意义上说，荷马这样的诗人极为看重这一品质。奥德赛王是techne大师。而柏拉图与当时的大部分学者一样，认为techne——他用这个词指代手工工艺——属于底层知识，是不纯洁、低俗的东西。因为对实践知识的蔑视，柏拉图在对所有知识进行复杂分类时省略了对手工艺的说明。事实上，古希腊文献中甚至没有一篇著作提及technelogos，只有一个例外。就目前所知道的，是在亚里士多德的《修辞学》（Rhetoric）一文中，第一次将techne列入逻各斯（logos，意为词汇、语言或者文化），表示“technelogos”单项。在这篇文章中，亚里士多德四次提到“technelogos”，但确切含义均不明晰。他指的是“语言的技巧”，还是“关于艺术的论述”？也可能是手工艺文化？在短暂而又隐秘地登场之后，“科技”这个词汇基本上消失了。

当然，科技本身不会消失。希腊人发明了铁焊接、风箱、车床和钥匙。他们的学生罗马人发明了拱顶、引水渠、吹制玻璃、水泥、下水道和水磨坊。但是，在他们的时代以及此后许多个世纪，总体而言，所有被制造出来的科技产品实际上不为人所知——从未作为独立



主题进行讨论，甚至显然从未被人们思考过。在古代世界，科技无处不在，人们却视而不见。

在接下来的许多世纪，学者们继续将制作器物称为手工艺（craft），将创造力称为艺术（art）。随着各种工具、机器和精巧装置的传播，操作它们的工作被称为“有用的艺术”。每一项有用的艺术，例如采矿、编织、金属加工和缝纫，都有自己的独门秘技，通过师傅-学徒的关系代代相传。不过这仍然是艺术，这个词汇在此处表达的是其原意的奇特延伸，保留了古希腊语中的手工艺和才智之意。

在接下来的几千年中，人们认为艺术和技术显然属于个人范畴。每件艺术作品——无论是铁制栅栏还是药方——都被视为特定个人的特殊才智产生的独一无二的表现形式。任何产品都是单个天才的杰作。按照历史学家卡尔·米查姆（Carl Mitcham）的解释，“大规模生产是传统思想无法想象的，这不仅是因为技术原因”。

到中世纪的欧洲，手工业的发展最引人注目的是使用了新的能源。一种高效率的轱具在全社会得到广泛使用，大幅增加了农田亩产量。同时人们改进水磨坊和风车，提高木材和面粉的产量，改善排水系统。所有这些物资的大规模生产都是在非奴隶制的环境中实现的。正如科技史学家林恩·怀特（Lynn White）写到的那样：“中世纪晚期的主要辉煌成就不是大教堂和史诗，也不是经院哲学，而是推动了这样的潮流：这个庞大文明在历史上第一次主要依靠非人力动力来生存，而不是奴隶或苦力的汗流浹背。”机器正成为我们的苦力。

18世纪，几种革命让社会翻天覆地，工业革命是其中之一。机械生物侵入农庄和家庭，但人们对这种入侵同样没有称谓。最终，在1802年，德国哥廷根大学经济学教授约翰·贝克曼（Johann Beckmann）为这股新兴力量命名。贝克曼认为，“有用的艺术”迅速传播，重要性日益增加，因此需要按照“系统的结构”来教学。他谈到建筑艺术、化学工艺、金属工艺、砖石工程和制造工艺，并首次宣称这

些知识领域相互交叉。他把这些知识统一整理为综合课程，撰写了题为《技术指南》（Guide to Technology，德语为Technologie）的教材，重新使用了那个被遗忘的古希腊词汇。贝克曼希望他的纲要成为这个领域的第一门课程，事实的确如此，并且不止于此。这本教材给科技命名，就像我们今天所做的那样。科技有了名称，就不再是隐形的。注意到它的存在后，我们会感到诧异，人们怎么能对它视而不见。

贝克曼的功绩不只是为科技正名。他是首批认识到我们的成就不仅仅是随机发明和优秀思想的组合的人物之一。作为整体的科技，在如此漫长的时期里不为我们所知，原因是其中比例很小的个人天才成分的遮掩扰乱了我们的视线。一旦贝克曼摘下这层面纱，人们的技艺和手工艺品就可以被视为与个人无关的由独立要素编织而成的连贯整体。

每一项新发明取得进展都需要借鉴过去的发明成果。没有用铜压制成的电线，机器之间就无法连接。不开采煤矿或铀矿，不在河流上筑坝蓄水，不采集稀有金属制造太阳能电池板，就没有电。没有交通工具运送，就不会有工厂的物流循环。没有锯子锯出的手柄，就没有锤子；没有锤子锻成的锯条，就没有手柄。这种由系统、子系统、机器、管道、公路、线缆、传送带、汽车、服务器和路由器、代码、计算器、传感器、文档、催化剂、集体记忆和发电机构成的全球范围内循环不断、相互连接的网络——整套由互相关联、互相依存的部分组成的宏大装置形成一个单独的系统。

当科学家开始研究这个系统的运转过程时，很快就注意到一些不寻常的迹象：科技的庞大系统经常像原始有机体一样工作。网络，特别是电子网络，显示出仿生行为。在我早期体验在线生活时，我发现，发出电子邮件后，网络会将邮件截成数段，然后通过多条路径将这些片段发送至收件人地址。多路径不是预先确定的，而是根据整个网络的实时流量“临时决定”。事实上，电子邮件分拆成两个部分，可

能历经完全不同的路径，到达终点时又恢复如初。如果某个片段在传送途中丢失，会再次从其他路径发送，直至抵达终点。这种不可思议的有机性令我吃惊——像极了蚁巢中传送信息的方式。

1994年，我的一本名为《失控》的书得以出版，该书详细地探讨了科技系统模仿自然系统的方式。我以计算机程序和合成化学品为例，前者可以自我复制，后者可以自我催化——还有简单的机器人，他们甚至可以像细胞那样自组装。许多复杂的大型系统，例如电网，被设计成具有自我修复功能，与我们身体的同类功能差别不大。计算机专家运用进化规则生成人类难以编写的计算机软件，研究者不是设计成千上万条代码，而是使用进化系统挑选最佳的代码行，不断使之变异，去除有缺陷的部分，直至进化后的代码可以完美运行。

同时，生物学家逐渐知道，生命系统也具备机械过程——例如计算——的抽象本质。举个例子，研究者发现DNA（脱氧核糖核酸）——取自依附在我们肠内的无处不在的大肠杆菌的真实DNA——可用于计算数学难题的答案，就像计算机。如果DNA可以制作成正在运行的计算机，而计算机可以像DNA那样进化，那么在人工制品和自然生命之间有可能——或者说一定——存在某种对等关系。科技和生命一定共同具备某些基本属性。

在我对这些问题感到困惑的日子里，科技发生了异常的变化：最优秀的科技产品变得难以置信地非实体化。奇妙的产品体积越来越小，用料越来越少，功能越来越多。一些最出色的科技产品，例如软件，完全没有物质实体。这种发展趋势并非今天才有，历史上任何一份伟大发明的列表都包含大量体积细小的发明：计算器、字母表、指南针、青霉素、复式记账法、美国宪法、避孕药、牲畜驯养、零、细菌理论、激光、电、硅质芯片等。如果这些发明中的大多数落到脚趾上，你是不会受伤的。现在，非实体化过程开始加速。

科学家得出一个惊人的结论：无论生命的定义是什么，其本质都不在于DNA、机体组织或肉体这样的物质，而在于看不见的能量分配和物质形式中包含的信息。同样，随着科技的物质面罩被揭开，我们可以看到，它的内核也是观念和信息。生命和科技似乎都是以非物质的信息流为基础的。

此时，我意识到需要更清楚地了解是什么力量贯穿科技始终。真的只是幽灵般的信息？或者说科技还需要物质基础？是自然力量还是非自然力量？科技是自然生命的延伸，这一点可以确定（至少对我而言是如此），但是它与自然的差异表现为什么形式？（尽管计算机和DNA共同具有某些本质属性，但不能说苹果电脑与向日葵一样。）还有一点可以肯定，即科技来自人的大脑，但是大脑的产物（即使是人工智能这样的认知产物）在何种程度上不同于大脑本身？科技是否具备人性？

我们倾向于将科技等同于闪烁着智慧之光的工具和器械。尽管我们承认科技能够以非实体的形式存在，例如软件，但我们一般不会把绘画、文学、音乐、舞蹈、诗歌和通常意义上的人文学科归属于科技。其实，应该包含这些内容。如果说UNIX系统内上千行的字母可称为科技——用于制作网页的计算机代码，那么英语文学（如《哈姆雷特》）中的上千行字母也应当可以。它们都能改变我们的行为，影响事件的进程，为未来的发明创造机会。因此，莎士比亚的十四行诗和巴赫的赋格曲与谷歌的搜索引擎和iPod同属一类：都是大脑产生的有用的东西。电影《指环王》拍摄过程中运用了多种相互交错的技术，我们无法分割它们。正如用数字技术展现想象出来的角色一样，对原始故事进行文学演绎也是一项发明。二者都是人们想象力的有意义的产物，都让观众感到震撼，都具备科技的属性。

为什么不把数量庞大的发明创造统称为文化？事实上有人这么做。在这种用法中，文化包括迄今为止所有被发明出来的技术和这些

技术的产物，以及我们的集体思维产生的其他任何东西。当有人提及“文化”时，如果他所指的不仅是当地的民族文化，而且包含人类的整体文化，那么这个词所指代的就非常贴近我一直在谈论的科技涵盖的广阔范围。

但是“文化”这个词有一个至关重要的缺陷：过于局限。1802年贝克曼为科技正名时认识到，我们正在进行的发明将以自我繁殖的形式孕育其他发明。科技艺术产生新工具，新工具又引发新艺术，新艺术再次催生新工具，无限循环。手工制品的操作越来越复杂，来源越来越相互关联，以至于它们构成了新的整体：科技。

“文化”这个词不能表达出这种推动科技发展的必不可少的自推进动力。但是，说实话，科技这个词也不是特别贴切，它也有很大局限性，因为科技也可以表示具体的方法和装置，例如“生物技术”、“数字技术”，或者石器时代的技术。

我厌恶发明一些其他人不使用的字眼，不过就本例而言，所有已知的选项都未能反映所需的范畴。因此我勉强创造了一个词汇来指代环绕我们周围的科技系统，这个系统涵盖范围更广，具有全球性和大范围的相关性。这个词就是技术元素（technium）。技术元素不仅指硬件，而且包括文化、艺术、社会制度以及各类思想。它包含无形的事物，例如软件、法律和哲学概念。最重要的是，它包括人类发明所具有的“繁殖”动力，这种动力促进新工具的制作和新的科技发明，鼓励不同技术进行沟通以实现自我改进。在本书的其余部分，其他人使用科技一词以示复数或者表示整个系统（如“科技加速发展”）的地方我将使用技术元素这个词。在指代具体技术，如雷达或塑料聚合物时，我会使用科技一词。举个例子，我会说：“技术元素加快科技发明的速度。”换句话说，科技可以申请专利，而技术元素包括专利系统本身。

总之，英语中的技术元素与德语的technik类似，后者同样概括了机器、方法和工程流程的总和。技术元素还与法语名词technique有关联，法国哲学家用这个词表示社会和工具文化。不过，这两个词都没有抓住我所认为的技术元素的本质属性：这是关于发明创造的自我强化系统的理念。在进化过程中的某个时刻，处于反馈环和复杂互动过程中的工具、机器和观念系统变得非常密集，从而产生了些许独立性。这个系统开始具备某种自主性。

乍看之下，这个关于科技独立性的概念很难理解。我们在学校学到的对科技的认知是：首先它是一堆硬件，其次是完全依赖我们人类的无生命物质。按照这个观点，科技只是我们的产品。没有我们，它就不存在，它只能根据我们的意愿实现其功能。这也是我开始思考上述问题时的观点。但是，我越深入了解科技发明的整个系统，就越意识到它的强大和自我繁殖能力。

有很多科技的支持者——也包括很多反对者——强烈反对技术元素的自主性理念。他们坚持认为科技只能听从人类的指挥。在他们看来，科技自主性的概念只是我们一相情愿的想法。现在我接受一种相反的观点：经过1万年的缓慢发展和200年令人难以置信的复杂的与人类剥离的过程，技术元素日渐成熟，成为自己的主宰。它的持续性自我强化过程和组成部分使之具有明显的自主性。过去它也许像老式计算机程序一样简单，只是机械地重复我们的指令，但是现在，它更像复杂的有机组织，经常跟随自己的节拍起舞。

好了，这听起来充满诗意，但是，有没有任何证据证明技术元素的自主性呢？我认为有，不过这取决于我们如何定义自主性。在这个世界上，我们最重视的属性都是极不稳定的。生命、思维、意识、秩序、复合性、自由意志和自主性这些概念的定义都是多种多样、自相矛盾且不充分的。生命、思维、意识或者自主性始于何处、终于何处，没人能达成一致。最能达成共识的是这些属性都不是二进制的，

它们的存在具有连续性。因此，人类有思维，狗和老鼠也有。鱼有微小的大脑，因此必然有简单的思维。这意味着大脑更小的蚂蚁也有思维吗？要拥有思维，需要多少神经元？

自主性的程度会发生类似的变化。新生的角马出生后就会自己走路。而人类婴儿在出生后前几年如果没有母亲的照顾就会死亡，因此我们不能认为他有自主性。甚至成年人也不是100%的自主，因为我们依靠内脏中的其他物种（例如大肠杆菌）帮助消化食物和分解毒素。如果人类不是完全自主的，那么谁会是谁？有机组织或系统不需要通过完全独立来展示一定程度的自主性，它可以像任何物种的新生儿一样，从极小的自主性开始，逐渐提高独立程度。

那么，怎样判断自主性呢？我们可以认为，如果某个实体表现出以下任何一种特性，它就具备自主性：自我修复、自我保护、自我维护（获取能源、排放废物）、对目标的自我控制、自我改进。所有这些特性的共同点当然是自我在某个层次的展现。就技术元素而言，我们找不到表现出所有上述特性的系统的例子，但是有大量表现部分特性的例子。无人机可以自动驾驶，在空中飞行数小时，但不能自我修复。通信网络可以自我修复，但不能自我繁殖。计算机病毒可以自我繁殖，但不能自我改进。

深入了解覆盖全球的庞大的信息网络，我们也会发现科技具有初级自主性的证据。这个技术元素的组成部分拥有170千兆计算机芯片，连成一个百万级的计算平台。全球网络的晶体管总数现在与大脑中神经元的数量几乎相等。网络文档的链接数量（想象世界上全部网页的全部链接）大约等于大脑神经元突触连接数。因此，这张不断扩张的行星电子外膜堪比人脑这种复杂事物。它接入了30亿只人造眼（电话和网络摄像头），以14千赫的高频（几乎听不到的高音）运行关键词搜索。这项奇妙的发明如此巨大，以至于消耗的电力占全球的5%。当计算机专家仔细研究穿梭其间的信息流量汇成的滔滔江河时，他们无

法——说明所有数据的来源。每时每刻都有数据片段被错误传送，此类突变绝大多数由某些可识别的原因造成，例如黑客入侵、机器故障和线路损坏；另一方面，研究者将小部分突变归因于某种方式的自我改变。换句话说，技术元素传送的信息有很少的一部分不是产生于已知的人造网络节点，而是完全来自系统本身。技术元素在喃喃自语。

对穿行于全球网络的信息流的进一步分析，揭示出它在缓慢改变组织规则。对于100年前的电话系统，信息在网络中以数学家所说的随机模式传播。但是在过去的10年中，经过统计，数据的流动逐渐向自组织系统的模式靠近。首先，全球网络显示出自相似性，即通常所说的分形模式。我们这样形容这种分形模式：树枝粗糙的外廓无论是近看还是远观都相似。今天，信息以自组织的分形模式在全球电信系统中传播。这个观察结果不能证明自主性的存在，但自主性经常早在被证实之前就已不证自明。

人类创造了技术元素，于是希望对其施加自己的影响。不过，我们慢慢才明白，系统——所有系统——产生自我推动力。技术元素是人类思维的产物，因而也是生命的产物，甚至是最初导致生命出现的物理和化学自组织的产物。与技术元素共享深层次根基的不仅有人脑，还有古生物和其他自组织系统。正如思维必须遵循认知规律及支配生命和自组织的定律一样，技术元素也必须服从思维、生命和自组织——包括人脑——的定律。所以，在施加于技术元素的各层次影响因素之外，人脑才是唯一的，甚至也许是最弱的。

技术元素遵从我们的设想，以完成我们试图引导它们去完成的任务为目标。但是在这些驱动力之外，技术元素有它自己的需求。它要梳理自己，自我组合成不同层次，就像大多数内部关联度很高的大型系统一样。技术元素还追求所有生命系统所追求的：使自己永存，永不停息。随着它发展壮大，这些内部需求的复杂度和力度将加强。



我知道这个观点听起来很奇怪。它似乎让非人事物具备人格。烤面包机怎么会有需求？难道我不是在将过多的意识赋予非生物，以此来增大它们对人类的现有影响力——或者说，它们现在还没有这种影响力？

这个问题问得好。其实，“需求”一词不是人类专用的。你的狗想要玩飞盘，你的猫需要人搔痒，鸟儿需要同伴，虫儿需要湿气，细菌需要食物。微观的单细胞有机体的需求更加简单、更加容易满足，数量比你我更少。但是，所有有机体都有着若干共同的基本欲望：生存，成长。这些“需求”是一切生物的驱动力。单细胞生物的需求是无意识的、混沌的——更像冲动或偏好。细菌偏好追逐营养物，没有任何需求意识。为了满足需求，它消极地选择只向一个方向运动。

就技术元素而言，需求并不意味着深思熟虑的决定。我（此时此刻）不相信技术元素是有意识的。它的机械式的需求与其说是认真思考后的结论，不如说是偏好，或者说是倾向、冲动、轨迹。科技的需求接近于需要，一种对某事物的强迫欲望，就像海参寻找配偶时的无意识漂流。各组成部分之间数以百万计的强化关系和不计其数的互动路径推动整个技术元素无意识地向某些方向发展。

科技的需求通常可能显得抽象或神秘，但是现在——偶然有机会，它们会在你面前一览无遗。最近我前往离斯坦福大学不远的郊区一处树木茂密的地带，访问一家名为柳树车库的新成立的公司。该公司开发最先进的研究型机器人。柳树车库公司最新的个人机器人版本PR2高度大约到人的胸部，依靠4个轮子运动，有5只眼睛，两条粗壮的手臂。当你抓住其中一条手臂时，它既不会关节变得僵硬，也不会歪倒，而是灵活地作出反应，让手臂柔和地弯曲，仿佛上肢是有生命的。这是一种神奇的感受。而且，这台机器人的抓握是有目的的，就像人类一样。2009年春天，PR2在室内环形跑道上跑完26.2英里的马拉松，没有撞上任何障碍物。在机器人王国里，这是一项巨大成就。但

是，PR2最令人瞩目的成功之处还在于它能自动发现电源插座并充电。它的程序设置了自动充电功能，当它避开障碍物抵达电源时就会记录这条具体路径。因此当它“饥饿”时，会搜索室内12个可到达的电源插座中的某一个，为电池充电。它用一只手握住电源线，通过激光和光学眼与插座对准，以渐进模式慢慢探寻，找到正确的插口，然后将插头导入充电。之后数小时内它会一直吸收能量。由于软件还未调试至最佳状态，出现了几个意想不到的“需求”。一台机器人在电量还足够时就请求充电，还有一次PR2在没有正确拔掉插头的情况下离开，电线被拖在身后，如同加油管还插在油箱上健忘的车主就开车驶出加油站。与机器人的行为一样，它的欲望也变得更加复杂。如果在PR2没电时站在它面前，它不会伤害你。它会倒退，在房间里四处走动，搜寻任何可以找到插座的路径。PR2没有意识，不过站在它和电源插座之间，可以明显地感觉到它的需求。

我家地板下有一个蚁巢。如果我们允许的话（当然我们不会允许），这些蚂蚁会从我家的食品柜中搬走大部分食物。我们人类有责任尊重自然，只是有时不得不打败它。在折服于自然之美的同时，我们也经常短暂地拔刀相向。我们编织衣物，将自己与自然界隔离，调制疫苗给自己注射，以抵御大自然的致命疾病。我们涌向荒野感受青春活力，但却带着帐篷。

现在，技术元素和大自然一样，在人类世界发挥巨大影响，我们应该像对待自然那样对待技术元素。我们不能要求科技服从我们，就像不能要求生命服从我们。有时我们应该臣服于它的指引，乐于感受它的多姿多彩；有时我们应该努力改造它的本来面目，以迎合自己的需求。我们不必执行技术元素的所有要求，但是我们能够学会利用这股力量，而不是与之对抗。

要成功实现上述目标，首先我们需要理解科技的行为。为了确定应对科技的方法，我们必须掌握科技的需求。

洋洋洒洒说了这么多，理解科技想要什么才是我的结论。我认为，通过感受科技的诉求，我已能够建立准则，引导自己认清这个不断壮大的科技孵化网络。对我而言，科技更高层次的目标是让我们通过它的眼睛认识世界。意识到它的需求，大大减少了我在决定如何与科技交往时的困扰。本书是我关于科技想要什么的报告。我希望它能帮助其他人找到自己的方式，使科技产生的福利最大、代价最小。

---

[1] 各章专家导读由财讯传媒集团首席战略官段永朝先生撰写。

## 第一部分 起源

## 第二章 发明我们自己

### 专家导读

第二、三、四章，是本书的第一部分。凯文·凯利从三个层面解答同一个问题：“技术元素”是如何起源的？

借助于人类学家、考古学家发现的大量史料，凯文·凯利梳理了工具、语言伴随人类进化的简略历史。这是探索“技术元素”起源的第一层。

对使用简单器具狩猎、筑巢和切割食物的猿人，甚至更多的灵长类动物来说，工具的使用其实并不稀奇。用生物学家贾里德·戴蒙德的话说，5万年以前的类人猿虽然能灵巧地使用工具，但“脑子里缺根弦”，这根弦是动物和“现代智人”的分水岭；接上这根弦的标志，是“语言的发明”。

语言与工具（技术）的这种伴生关系，一直伴随着人类漫长的进化历程。从非洲、美洲、澳洲的原始部落大迁徙中，千挑万选的植物种子、驯养的家禽、粗糙但越来越合手的工具，是文明演进的活化石。

但是，凯文·凯利的目光并没有在此止步。

“科技驯化了我们”，这件事情更为重要。使用工具的人类祖先，他的牙齿、胃、毛发、脚趾，都缓慢地发生着变异，这种进化，其实是“与技术同步进化”的过程。

在凯文·凯利看来，漫长的共同演化，使技术、工具远远不是冷冰冰的名词。它是有灵性的、充满活力的，它是“一种生机勃勃的精灵，要么推动我们前进，要么阻碍我们；它不是静态事物，而是动态过程”。

技术并非外在于人，是建立对技术的“亲近感”的重要内容。倘若将技术全然当做“身外之物”，或者“形而下者的器物”，那种割裂感才是真正要命的。

技术，是人的“第二肌肤”，一直是，将来也是。

为了预测科技的发展方向，我们需要了解它的起源。这并不容易。我们越深入追溯技术元素的发展史，它的起源就越显得遥远。因此，让我们从人类自己的起源——史前某个时期开始，那时人们主要生活在非人造环境中。没有科技，我们的生活是什么样的？

此类问题的关键在于科技先于人类出现。其他许多动物比人类早数百万年使用工具。黑猩猩过去用细枝条制作狩猎工具（当然现在仍然如此）从土堆中取食白蚁，用石块砸开坚果。白蚁自建巨大的土塔作为家园。蚂蚁在花园里放养蚜虫，种植真菌。鸟类用细枝为自己编织巢穴。有些章鱼会寻找贝壳，随身携带，作为移动住宅。改造环境，使之为己所用，就像变为自身的一部分，这种策略作为生存技巧，至少有5亿年的历史。

250万年前我们的祖先首先砸碎石块做成刮削器，为自己添加利爪。到了大约25万年前，他们发明用火烧煮食物——或者说使食物易于消化——的简单技术。煮食相当于人造胃，这是一种人造器官，使人类的牙齿和颞肌变小，食物品种也更多。技术辅助型狩猎也同样古老。考古学家发现过一个石枪头插入一匹马的脊椎，一根木矛嵌在10万年前的马鹿的骨架中。这种使用工具的模式在此后的岁月里只是更加频繁地出现而已。

所有技术，例如黑猩猩的钓白蚁竿和人类的鱼竿，海狸的坝和人类的坝，鸣禽的吊篮和人类的吊篮，切叶蚁的花园和人类的花园，本质上都来自自然。我们往往会把制造技术与自然分开，甚至认为前者是反自然的，仅仅是因为它已经发展到可与自然始祖的影响和能力相

匹敌。不过，就其起源和本质来说，工具就像我们的生命一样具有自然属性。人是动物——毋庸置疑，也是非动物——毋庸置疑。这种矛盾性质是我们身份的核心。同样，技术是非自然的——从定义上说，也是属于自然的——从更广泛的定义上说。这种矛盾也是人类身份的核心。

工具和容量更大的脑明白无误地宣告进化史上人类时代的开始。第一个简单石器出现的考古时期，也就是制造该石器的类猿人（具备人的特征的猿）的大脑开始向目前的大尺寸发育的时期。类猿人250万年前降生到地球上，手里拿着粗糙的、有缺口的石刮削器和石斧。大约100万年前，这些智力发达、挥舞工具的类猿人穿越非洲，到南欧定居下来，在那里进化成尼安德特人（脑容量增大）；后来又进入东亚，进化为直立人（也有更大的脑）。在接下来的时间里，类猿人的三条支线全部都在进化，留在非洲的那支进化为现在我们看到的人类形式。这些原始人类成为完全的现代人的确切时间存在争议，有人说是20万年前，而无争议的最晚时间为10万年前。10万年前，人类跨越了门槛，此时从外表上看，他们已与我们相差无几。如果他们中的某一个打算与我们一起去海滩散步，我们不会注意到有什么问题。另一方面，他们的工具和大多数行为与欧洲的尼安德特人和东亚的直立人难以区别。

此后的5万年变化不大。非洲人的骨架结构这一时期保持不变，他们的工具也没有多少改进。早期人类使用草草制成的带有锋利边缘的大石块切割、戳刺、凿孔和叉鱼。但这些手持工具没有专门化，不随地域和时间变动。在这个时期（被称为中石器时代）的任何地方或任何时间，某个类猿人捡到一块这样的工具，它都会和数万英里之外或者相差数万年的同类工具——不论其制造者是尼安德特人、直立人还是智人——相似。类猿人就是缺乏创新。正如生物学家贾里德·戴蒙德（Jared Diamond）评价的那样：“尽管他们的大脑不小，但少根弦。”

接下来，大约5万年前，缺的那根弦被安上了。虽然早期非洲人类的躯体没有变化，但是基因和思维发生了巨变。类猿人第一次满脑子主意和创新意识。这些新生的充满活力的现代人，或者说现代智人（我用这个称谓来区分他们和更早的智人），离开祖先在东非的家園，进入新地区。他们在草原上分道扬镳。就在1万年前农耕文明的历史即将拉开帷幕时，他们的人数出现了相对短暂的爆发式增长，从非洲的数万人猛增至全世界的约800万。

现代智人在全球迁移并在各大洲（除了南极洲）定居的速度令人吃惊。他们用5000年的时间征服欧洲，又经历15000年到达亚洲边缘。现代智人的部落从欧亚大陆经大陆桥进入现在所称的阿拉斯加后，只耗时数千年就占据了整个新世界。现代智人以执著的精神进行扩张，此后的38000年里他们的征服速度达到每年1英里（2公里）。他们不断前进，直到能抵达的最远处才停下脚步，这个地方就是南极洲的最北端陆地。智人完成在非洲的“大跃进”后，历经不到1500代，成为地球史上分布最广泛的物种，居住地遍及这个星球的所有生物带和每一条河的流域。现代智人是前所未有的最具侵略性的外来生物。

今天，现代智人分布的广度超过了已知的任何大型物种，没有其他任何可见物种占据的地理和生物生态位比智人多。现代智人的占领总是迅速的。贾里德·戴蒙德评论道，“毛利人的祖先抵达新西兰后”，只携带少量工具，“显然在不到1个世纪的时间内就找到全部有价值的石料来源，又用了几个世纪就将栖息于世界上某些最崎岖地带的新西兰恐鸟屠戮殆尽”。这种在数千年的持续稳定后突如其来的全球扩张只有一个原因：技术革新。

当现代智人的扩张刚刚起步时，他们将动物的角和长牙改造为矛和刀，巧妙地以动物之利器还治其身。5万年前扩张序幕开启的那段时光，他们制作小雕像和最早的首饰，绘制最早的画，将贝壳制成项链。尽管人类用火的历史很长，但最早的炉床和避火设施大约是在这



个时期发明的。稀有贝壳、燧石和打火石的交易出现了。几乎同一时间现代智人发明了渔钩和渔网，以及将兽皮缝制成衣物的针。兽皮精心剪裁后的余下部分被扔进坟墓。从那时起，一些陶器上开始出现编织的网和宽松织物的印记。同一时期现代智人还发明了狩猎陷阱。他们的垃圾中有大量的小型毛皮动物的骨骼，但没有脚；现代使用陷阱的捕猎者仍然按这种方式剥掉小动物的皮，将脚部与皮留在一起。艺术家们在墙上描绘身着皮大衣、用箭和矛猎杀动物的人。重要的是，与尼安德特人和直立人的简陋发明不同，各地的此类工具在细节上体现出不同的风格和技术。现代智人已经开始创新。

现代智人制作保暖衣物的思维能力打开了通向北极地区的大门，钓鱼器械的发明使人类有能力开拓世界上的海岸和河流，特别是热带地区，那里缺乏大型动物。现代智人的创新让他们能够在很多新气候带繁衍壮大，而寒带地区及其独一无二的生态系统尤其有助于创新。对于历史上的采猎部落，家园的纬度越高，需要（或者已经发明）的“技术单元”就越复杂。与在河中捕捉鲑鱼相比，在北极气候条件下捕猎海洋哺乳动物使用的工具明显先进得多。现代智人迅速改进工具的能力使他们得以很快适应新生态圈，其速度远远高于基因进化曾经达到的速度。

在迅猛占领全球的过程中，现代智人取代了其他几个同时居住于地球的类猿人种（存在不同血缘通婚的情况），包括远亲尼安德特人。尼安德特人的规模很小，人数通常只有18000。尼安德特人作为唯一的类猿人统治欧洲数十万年后，携带工具的现代智人来到这里，此后前者又延续了不到100代便消失了。这是历史的一瞬间。诚如人类学家理查德·克莱因（Richard Klein）指出的那样，从地质学角度看，这个取代过程几乎转瞬即逝。考古记录上几乎不存在过渡期。按照克莱因的说法：“尼安德特人今天在这，第二天克鲁马努人（现代智人）就来了。”现代智人的遗迹层总是在顶部，从未出现在底部。现代智人甚至不一定对尼安德特人进行了屠杀。人口统计学家计算过，繁殖率只

要有4%的差距（考虑到现代智人可以捕获更多种类的动物，这是个合理的期望值）就可以在数千年内让生育率更低的一方退出历史。这种数千年内灭绝的速度在自然进化史上没有先例。令人遗憾的是，这仅仅是一系列由人类造成的短期内物种灭绝中的第一次。

尼安德特人本应像21世纪的我们一样觉察到发生了前所未有的大事件——一股新的生物学和地理学意义上的力量崛起了。若干科学家（包括理查德·克莱因、伊恩·塔特索尔和威廉·卡尔文，以及其他许多人）认为这个发生于5万年前的“事件”就是语言的发明。在此之前，类猿人一直是智慧物种。他们可以制作粗糙的工具（虽然是无计划的），使用火，也许就如同极其聪明的黑猩猩。非洲类猿人大脑尺寸和身高的增长已达到平衡，但脑的进化还在继续。“5万年前发生的，”克莱因说，“是人类社会运转系统的一次变革。也许某处的变异影响了大脑神经元的连接方式，导致语言的形成，按照今天人们对语言的理解，就是出现了快速生成的有声语言。”与尼安德特人和直立人拥有更大容量的脑不同，现代智人发育出神经元重新组合的脑。语言改变了尼安德特人式的思维，使现代智人首次能够带着目的、经过思考后进行发明。哲学家丹尼尔·丹尼特（Daniel Dennett）用简练的语言赞美道：“在思维的进化历程中，语言的发明是所有步骤中最令人振奋、最重要的。当智人从这项发明中受益时，人类进入一个跳跃式发展阶段，将地球上的其他物种远远甩在身后。”语言的创造是人类的第一个拐点，改变了一切。有了语言的生活对那些没有语言的人来说是不可想象的。

语言使交流与合作成为可能，加速了学习和创造过程。如果某人有了新构想，在其他人了解之前，向他们进行阐述，与之沟通，新构想就能快速传播。不过，语言的主要优点不在于交流，而在于自动产生。语言是技巧，让思维能够自我质疑；是魔镜，告诉大脑自己在想什么；是控制杆，将思想转化为工具。语言掌握了自我意识和自我对照的捉摸不定的无目标运动，从而能够驾驭思维，使之成为新思想的

源泉。没有语言的理性架构，我们无法获知自己的精神活动，自然就不能思考我们的行为方式。如果大脑无法表词达意，我们就不能有意意识地创造，只能偶有收获。无法用言语表达的思想零碎孤立，直到我们用可以自我交流的系统工具驯服思维，这种状况才得以改变。我们的思维需要驯化，我们的才智需要表达工具。

一些科学家相信，事实上是科技激发了语言。向运动中的动物投掷武器——石块或木棍，用足够的力量击中并杀死目标，这需要类猿人的大脑进行仔细的计算。每一次投掷都要求神经中枢大量连续的精确指导，这一过程只在刹那间完成。但是，与计算如何抓取空中的树枝不同，大脑必须在同一时间计算这一掷的若干选项：动物加速还是减速，朝高处还是低处瞄准。接着大脑必须描绘出结果，以便在实际投掷之前判断出最佳可能性——完成所有这些思考的时间不到一秒。诸如神经生物学家威廉·卡尔文这样的科学家相信，一旦大脑提高想象多幅投掷场景的能力，它就将真正的投掷过程转变为一系列快速闪过的念头。大脑用投掷语言替代投掷木棍。因此，技术被赋予的新用途就是创造原始但有益的语言。

语言难以捉摸的才能为现代智人部落的扩张开辟了很多新地域。与远亲尼安德特人不同，现代智人能够快速调整工具用以狩猎、设置陷阱捕捉更多种类的大型动物以及收集并处理更多类型的植物。有证据表明尼安德特人局限于几种食物来源。对他们骨骼的检测显示，他们缺乏鱼身上具有的脂肪酸，而且日常饮食主要是肉类，但肉的种类不多，有一半的饮食是毛茸茸的猛犸象和驯鹿。尼安德特人的消亡可能与这些巨型动物的灭亡有关。

现代智人作为兴趣广泛的采猎者而发展壮大。人类子孙数十万年绵延不绝，证明只要几种工具就足以获取足够的营养繁衍后代。现在我们得以来到世间，是因为采猎在过去的岁月中发挥了作用。关于历史上采猎者的饮食的分析显示，他们能够摄取足够的能量，符合美国

食品和药物管理局针对他们的体型推荐的标准。例如，人类学家发现历史上的多比人（Dobe）平均每天采集含有2140卡路里的食物，鱼溪部落（Fish Creek）为2130卡，亨普尔湾部落（Hemple Bay）为2160卡。他们的菜单上有不同的植物块茎、蔬菜、水果和肉类。根据对垃圾中骨头和花粉的分析，早期现代智人的确如此。

哲学家托马斯·霍布斯断言，野人——在这里他指的是作为采猎者的现代智人——的生活“危险、粗俗，且短暂”。其实，尽管早期采猎者寿命的确很短，生活经常受到战争的威胁，但并不粗俗。他们不仅凭借仅有的十几种原始工具获得足够的食物、衣服和居所，得以在各种环境中生存，而且在使用过程中，这些工具和技术还为他们提供娱乐。人类学研究证实现代采猎者不是一整天都在打猎和采集食物。一位名叫马歇尔·萨林斯的研究人员总结道：采猎者每天在必需的日常食物获取上花费的时间只有3~4个小时，其中包括他所谓的“银行家时间”<sup>[1]</sup>。不过他的这一惊人结论的证据是有争议的。

根据范围更广的数据，关于现代采猎部落收集食物所耗费的时间的更加现实并且争议更小的平均数是每天大约6小时。这个平均数掩盖了日常行为的大幅变动。1~2小时的小憩或者一整天用于睡觉并不少见。外部观察者几乎普遍注意到觅食者工作的非连贯性。采集者也许连续数天非常努力地寻找食物，然后在这一周余下的时间里就靠这些食物生活。人类学家把这种循环称为“旧石器时代节奏”——工作一两天，休息一两天。一位熟悉雅马纳（Yamana）部落——也可能几乎所有狩猎部落都是如此——的研究者写道：“他们的劳动事实上更多的是一时兴起，依靠偶尔的努力，他们能够积累相当多的食物，维持一段时间。然而，之后他们表现出想要无限期休息的欲望，在此期间，身心完全放松，不会显得很疲劳。”旧石器时代节奏实际上反映出“食肉动物节奏”，因为动物世界的伟大狩猎者——狮子和其他大型猫科动物——表现出同样的行为方式：短暂的爆发式捕猎，直至筋疲力尽，接下来的日子休养生息。狩猎者，与字面定义不同，几乎很少外出狩

猎，捕获猎物的成功次数不是那么多。以每小时获取的热量计算，原始部落的狩猎效率只有采集效率的一半。因此几乎所有的觅食文化中，肉食都用于款待客人。

季节变化也有影响。对食物采集者来说，每个生态系统都会产生“饥荒季”。在寒冷的高纬度地区，深冬到初春时的饥荒季更加严重。其实，即使在热带地区，各个季节中获取最喜爱食物、水果辅食和至关重要的大型动物的难度也有差异。此外，还有气候变化因素：延长的干旱、洪灾或风暴期可能打断每年的食物获取模式。这些以日、季和年计的大干扰意味着，很多时候采猎者吃得肚皮鼓鼓，另一方面，很多时期——而且的确如此——他们会忍饥挨饿、营养不足。这段营养不足的时间对幼儿是致命的，对成人来说则是可怕的。

所有这些热量的变化导致旧石器时代节奏在任何时间段都有可能出现。重要的是，这种爆发性“工作”情非所愿。当你主要依靠自然系统提供食物时，工作越多，收获不一定越多。两倍的工作量不一定能产生两倍的食物。无花果不能催熟，成熟时间也不能精确预测。同样，大型动物兽群的到来也不能预知。如果没有储备余粮或合理耕种，就必须从粪便中取食。为了保证食物供给，采猎者必须马不停蹄离开废弃的食物源，寻找新来源。可是如果永不停息地奔波，余粮及其储运工具就会减慢你的速度。在很多现代采猎部落中，不受财物拖累被认为是一种好习惯，甚至可以带来声望。你行囊空空。聪明的替代策略是，需要什么东西时再去制作或者搜寻。“能干的猎人会囤积猎物，他的成功是以损害自己的名望为代价的。”马歇尔·萨林斯说道。此外，生产余粮的成员必须与大家分享多余的食物，这降低了他们生产余粮的意愿。因此，对采集部落而言，储备食物是损害自身社会地位的行为。真实的情况是野外迁徙时必须忍受饥饿。如果干旱期减少了西米的产量，再怎么延长劳动时间也不会增加食物的产出。因此，采集部落在吃饭问题上采取非常有说服力的计划安排。发现食物时，所有人都很努力地劳动。找不到食物也不用发愁：他们会饿着肚子围

坐闲聊。这个非常合理的方法经常被误解为部落的懒惰，事实上，如果靠天吃饭，这是个合乎逻辑的策略。

我们这些现代文明社会的上班族看到这种轻松的工作方式可能会心生嫉妒。每天3~6个小时，远远少于发达国家中大多数成年人的工作时间。而且，当被问及对现状的感受时，多数被现代文明同化的采猎者对目前的物质生活很满足。一个部落很少拥有一件以上的人工制品，例如只有一把斧头，原因是：“一件东西难道不够吗？”某些情况下，需要时才使用这件物品，更多的情形是，等到需要某种制品时再做一件。一旦该物品被使用了，通常的结局是被丢弃，而不是保存。这样就不需要携带或留意多余物件。向部落居民赠送毛毯或刀具之类礼物的西方人常常郁闷地看到一天后这些礼物就被弃若敝屣。部落居民的生活方式非常奇特，表现出最大限度的一次性文化。最好的工具、人工制品和技术都是用后即弃。甚至人工修建的精巧住所也被视为临时性的。部落或家族在迁徙途中可能搭建一个休息场所（例如竹屋或小冰屋），只用一晚，第二天一早就丢弃了。多户人家居住的大宅也许会在数年后遗弃，而不是保留。耕地有着相同的遭遇，收割后就会被放弃。

马歇尔·萨林斯观察到这种无忧无虑的自给自足和知足常乐，宣称采猎部落是“原始的小康社会”。其实，由于部落居民大多数日子里能获取充足的热量，并且他们的文化并不一味追求更多，因此更合理的结论也许是采猎部落“物资充足但不富足”。根据大量与原住民相关的历史记载，我们知道他们经常——如果不是定期的话——抱怨吃不饱。著名人类学家科林·特恩布尔（Colin Turnbull）记录道，虽然姆布蒂（Mbuti）人时常歌颂森林之神，但也经常抱怨饥饿。采猎者的诉苦通常与每顿饭都要吃的糖类主食——例如mongongo [2] 果仁——的单一有关。当他们谈到食物短缺或者饥饿时，指的是缺少肉食，脂肪摄入量不足，以及对饥饿期的厌恶。他们为数不多的科技在大部分时间里为他们带来足够但不丰富的食物。

平均水平达到充足与达到富足之间的细微差别对健康有重要影响。当人类学家评估现代采猎部落妇女总生育率（生育年龄中婴儿安全出生的总数）时，发现这个数字相对较低，总计大约为5~6个婴儿——与之相比，农耕社会为6~8个。有几个因素降低了生育率。也许是因为营养不均衡，导致部落女孩青春期推迟至16~17岁（现代社会女性13岁开始）。推迟的女性月经初潮以及较短的寿命延误并缩短了生育的时间窗口。在部落中，母乳喂养通常持续时间更久，延长了两次生育之间的间歇期。大多数部落给婴儿喂奶，到2岁或3岁时停止，还有一些部落母乳喂养的时间长达6年。此外，许多女性骨瘦如柴，又极为活泼，就像西方同类型女运动员一样，月经期经常无规律，或者完全没有月经。有理论认为，女性需要维持“临界肥胖度”以产生卵子，很多部落妇女因为饮食量变动而缺乏这种肥胖度，至少部分年份是这样。当然，任何地方的人都可能有意识地禁欲，为已出生的孩子留出生存空间，部落居民有理由这么做。

儿童死亡率在采猎部落中非常高。一项针对不同大陆的25个部落历史时期的研究表明，平均25%的幼儿在1岁前死亡，37%在15岁前死亡。人们发现，在一个传统的采猎部落，儿童死亡率为60%。大多数历史上的部落人口增长率几近于零。罗伯特·凯利在他的采猎部落研究报告中称，这种停滞是明显的，因为“当过去的迁徙者定居下来时，人口增长率上升了”。所有条件都同等的情况下，农作物的稳定性养育了更多人。

许多小孩幼年夭折，另一方面，寿命较长的采猎部落居民也没有好到哪里去。生活很艰难。根据对骨骼压痕和切口的分析，一位人类学家认为尼安德特人身体的伤口分布与在专业竞技人员身上发现的相似——大量头部、躯干和手臂创伤，就像与愤怒的大型动物近距离遭遇时所受的伤一样。目前还未发现活过40岁的早期类猿人的残留物。因为极高的儿童死亡率拉低了平均预期寿命，如果年龄最大者只有40岁，那么寿命中间值几乎可以肯定小于20。

一个典型的采猎部落只有很少的儿童，没有老人。这样的人口结构也许能解释访问者与保持历史原样的采猎部落接触时共有的印象。他们评论道：“每个人看上去都极为健康强壮。”部分是因为绝大多数人都处于壮年期，年龄在15~35岁之间。如果我们参观城里有着同样年轻人口结构的新潮社区，也许会有同样的反应。部落的生活方式适合年轻人，属于年轻人。

部落居民寿命不长的一个主要后果是祖父母辈的缺失。考虑到女性17岁左右就开始生育，30多岁死亡，普遍的现象是孩子们成长为青少年时就会失去父母。寿命短对个人来说非常糟糕，对群体也是极其有害的。没有祖父母，久而久之，传授工具使用知识变得十分困难。祖父母是文化的中转站，没有他们，文化就会是一潭死水。

想象一下这样的社会，不仅缺少祖父母，而且没有语言，例如现代智人之前的人类社会。知识怎么能代代相传？你的父母在你成年之前便去世了，他们传授给你的知识不可能超越你未成年时所能学到的。除了最亲密的同龄人，你不会向其他任何人学习。创新和文化知识不会得到传承。

语言让思想融合交流，从而打破这个恶性循环。创新得以孵化，通过儿童实现代代相传。现代智人制造出更出色的捕猎器械（例如投枪，使得体重轻的人类能够在安全距离之外杀死危险的大型动物）、钓鱼工具（带刺的鱼钩和渔网）和烹煮方法（用高温石头不仅可以烧肉，而且能从野生植物中获取更多热量）。从开始使用语言算起，他们获得所有这些技术，只用了100代人的时间。更好的工具意味着更好的营养，这有助于进化速度的提高。

营养改善的主要长期后果是寿命的稳定增长。人类学家雷切尔·卡斯帕里（Rachel Caspari）研究了768名类猿人的牙齿化石，这些类猿人生活于亚欧非三大洲，时间从500万年前到“大跃进”为止。她断定“现代人寿命的猛增”大约始于5万年前。不断延长的寿命导致隔代教养



的出现，产生所谓的祖母效应：这是一个良性循环，通过祖父母的言传身教，越来越多的有效创新得以应用，可以进一步延长寿命，使人们有更多时间发明新工具，从而增加人口。不仅如此，寿命延长“提供选择优势，促进人口增长”，因为人口更密集提高了创新的速度和影响，这对增加的人口是有益的。卡斯帕里认为，引发现代行为创新最基本的生物因素是成人生存能力的增强。寿命增长是人们获得科技后最明显也是最重要的结果，这并非巧合。

15000年前，世界正在变暖，全球冰盖消融，现代智人的队伍不断扩张，所使用的工具也越来越多。他们使用40种工具，包括砧板、陶器以及合成器械，也就是用多块材料——例如许多小燧石片和一个手柄——拼凑而成的矛和刀。尽管仍然主要靠渔猎采集为生，现代智人偶尔也会尝试定居生活，返回故土看管最喜爱的食物产地，针对不同生态系统制作专用工具。我们从这一时期位于北半球高纬度地区的埋葬地得知，衣服也从通用型（一件简单的上衣）发展为细分型，例如帽子、衬衣、外套、裤子和鹿皮鞋。自此以后人类工具越来越专业化。

在适应不同的河流流域和生态群落后，现代智人部落的种类急剧增加。他们的新工具反映出家园的特性：河岸居民有很多渔网，草原猎人有多种枪头，森林居民会设置多类陷阱。他们的语言和外表不断分化。

不过，他们也有许多相同特征。大部分采猎者各自组成平均人数为25人的家族式团体，成员都有血缘关系。在季节性节日或宿营地，小团体集合成数百人的较大部落。这种部落的功能之一是通过通婚传播基因。几乎没有人口扩散。在寒冷地区，部落的平均人口密度低于每平方公里0.01人。大部落中的200~300个成员，也许是他们一生中遇到的所有人。也许会认识部落以外的人，因为可能要跋涉300公里去进行实物交易，或者说物物交换。有些用于交易的物品是身上的装

饰品和项链，如内陆居民需要的海贝和渔民需要的禽类的羽毛。偶尔，脸部彩绘所用的颜料会被拿来交换，但它们也可用于壁画或雕刻木像。随身携带的几件工具应该是骨钻、石锥、针、骨刀、挂在矛上的骨制鱼钩、一些刮削石器，也许还有几把石刀。一些刀片要用藤条或兽皮制成的绳索绑在骨头或木柄上。当人们围着火堆蹲下时，有人会敲鼓，或者吹骨哨。人死后，会有为数不多的财物作为陪葬品。

但是，不要以为人类社会的这种进步有如田园牧歌。在走出非洲踏上伟大征程的2万年里，现代智人是造成90%当时存在的巨型动物灭绝的帮凶。他们使用弓箭、矛和诱逼等创新方式杀光乳齿象、猛犸象、新西兰恐鸟、长毛犀牛和巨骆驼——几乎所有四条腿的蛋白质丰富的大型动物。到距今1万年前时，地球上超过80%的大型哺乳动物完全消失。由于未知原因，北美有4个物种逃脱了这场厄运：美洲野牛、驼鹿、麋鹿和北美驯鹿。

部落之间的暴力争斗也很盛行。部落内部成员的和睦与合作法则发挥了很好的作用——经常让现代人羡慕不已，但对部落外的人不适用。部落为了争夺某些资源而诉诸武力，在澳大利亚是争夺水潭，在美国是狩猎区和野生稻田，在太平洋西北部则是河流和沿海的滩岸地带。没有仲裁系统或者公正的领导者，因偷窃物品、女人或财富象征（例如在新几内亚，猪就是这样的象征）而导致的小范围冲突可能激化为几代人的战争。采猎部落间因战争造成的死亡率是晚期农耕社会的5倍。（每年死于“文明”战争的人占总人口的0.1%，与之相比，部落战争为0.5%。）实际的战争死亡率因部落和地区不同而有差异，因为与现代世界一样，一个参战部落可能会破坏很多人的和平生活。总而言之，部落流动性越大，就越倾向爱好和平，因为他们完全可以逃离冲突。而一旦战争真正爆发，就会是惨烈致命的。当原始部落的战士数量与文明社会的军队大致相当时，前者通常会击败后者。凯尔特部落打退罗马人，柏柏尔人重创法国人，祖鲁人战胜英国人，美国军队用了50年时间才击败阿帕奇部落。劳伦斯·基利（Lawrence Keeley）在

关于古代战争的研究著作《文明之前的战争》（War Before Civilization）中写道：“民族史学者和考古学家发现的事实清楚地表明，原始的史前战争和历史上文明社会的战争一样恐怖，令人印象深刻。实际上，由于原始社会的战争更加频繁，过程更加残酷，其致命程度远远高于文明国家之间的战争……文明社会的战争是格式化的，注重规则，危险性相对较低。”

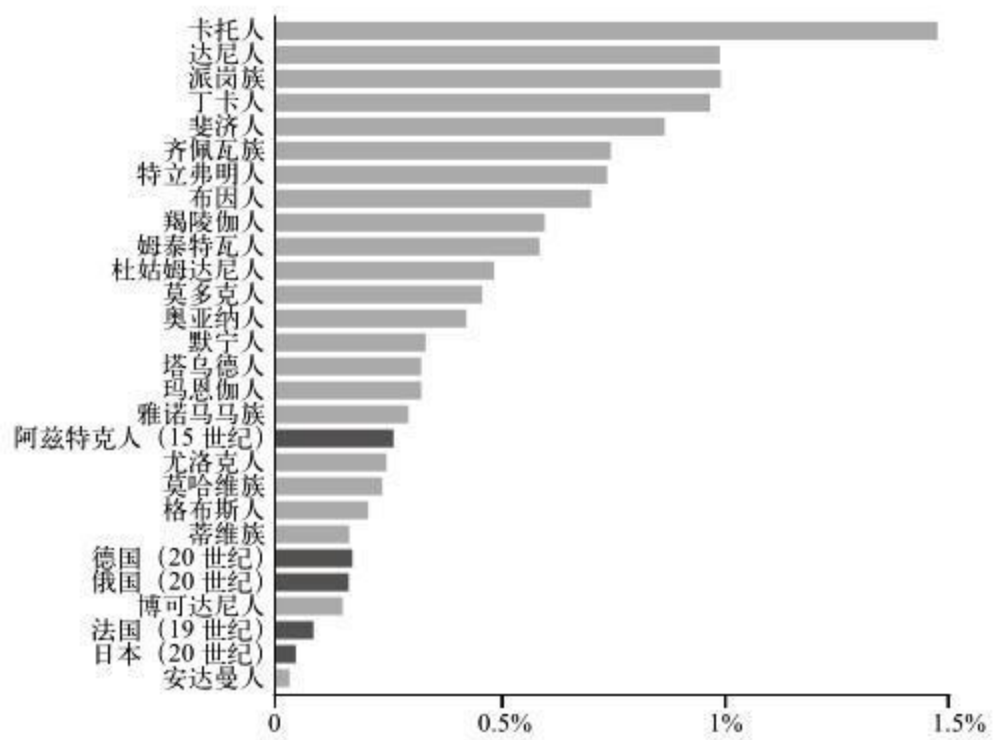


图 2-2 战争死亡率比较。原始部落和现代国家每年战争死亡人数占人口百分比

5万年前语言革命还未发生时，世界缺少有重大意义的科技。此后的4万年，每个人天生就是渔猎采集者。据估计，在此期间有10亿人探究过携带少量工具可以走多远。这个没有多少科技的世界提供“足够的”物资。人们可以享受清闲时光和令人满意的工作，而且感到快乐。除了石器，再没有别的科技，人们可以近距离感受大自然的节奏和风格。大自然掌控你的肚子和生活。它是如此巨大，如此丰富多彩，如此亲近，极少有人可与之分隔。与自然界和谐相处令人感觉神圣。然

而，由于缺乏科技，儿童死亡的悲剧不断重演。意外事故、战争和疾病意味着平均寿命远远低于原本应有的一半——也许只有人类基因支持的自然寿命的四分之一。饥饿随时袭来。

但是最明显的是，没有重大科技，所谓的悠闲时光不过是重复传统生活方式。新事物绝无可能出现。在你的狭小天地里，一切由你做主。但生活的方向只能按照祖先的足迹亦步亦趋，周边环境的循环变化决定了你的生活。

事实证明，尽管大自然广阔无垠，它还没有慷慨到让一切皆有可能的程度。思维可以做到这一点，可它的潜能还没有充分开发。一个没有科技的世界足以维持人类的生存，但也仅此而已。只有当思维被语言解放、被技术元素激活，超越5万年前自然界的束缚，更加广阔的天地才会敞开大门。实现这种超越是要付出代价的，但我们从中收获的是文明和进步。

我们和走出非洲的人类还有差异，我们的基因与我们的发明共同进化。事实上，过去的1万年，我们的基因进化速度比此前600万年的平均速度快100倍。不必对此感到惊讶。我们把狼驯化为狗（包括所有种类的狗），并养牛、种植谷物等，这些动植物的祖先已不可考证；同时我们也被驯化了，自我驯化。我们的牙齿不断缩小（这要归功于烹煮），肌肉变得纤细，体毛渐渐褪去。科技驯化了我们。如同快速改造工具一样，我们也在快速改造自己。我们与科技同步进化，因此深深依赖于它。如果地球上所有科技——所有最新的刀和矛——都消失，人类的存在不会超过几个月。现在我们与科技共生。

我们迅速并且深刻地改变自己，同时也改变了世界。我们从非洲崛起，占领了这个地球上每一块适合居住的流域，从那一刻起，我们的发明开始改变我们的家园。现代智人的狩猎工具和技巧产生了深远的影响：凭借这些技术，他们可以杀光大型的食草动物（猛犸象、巨型麋鹿等），这些动物的灭绝永远地改变了整个草原生物群落的生态

状况。一旦占统治地位的食草动物绝种，整个生态系统都会受到影响，有利于新的食肉动物和植物物种以及它们的所有竞争者和同盟军的兴盛，这些动植物构成了变动后的生态圈。就这样，少数类猿人氏族改变了数以千计的其他物种的命运。当现代智人学会控制火时，自然界受到这种强大科技的进一步大规模改造。如此微不足道的技巧——点燃草场，用逆火加以控制，然后引火烹煮谷物——破坏了各个大陆的大片地区。

此后，发明被不断复制，农业在全世界传播，这些过程影响的不仅是地球表面，还有厚度为100公里的大气层。耕作破坏了土壤，使二氧化碳含量上升。一些气候学家相信，8000年前开始的早期人为取暖阻止了新的冰川期的到来。农耕技术的广泛采用干扰了自然的气候循环，这种循环原本会使现在地球最北端的大部分地区重新冰冻。

无疑，就在人类发明使用古代植物的浓缩物（煤炭）而不是新鲜植物作为燃料的机器后，它们排放的二氧化碳加剧了大气平衡的变动。随着机器使用这种储藏量丰富的能源，技术元素有了长足发展。诸如牵引发动机这样的以石油为能源的机器改良了农业生产率和传播方式（使这一古老的趋势加速），接着更多的机器以更快的速度产出更多的石油（新趋势），导致加速度的叠加。今天各类机器排出的二氧化碳大大超过了所有动物的排放量，甚至接近地质力量产生的排放量。

技术元素的巨大影响力不仅来自其规模，而且与自我放大的特性有关。一项突破性的发明，例如字母表、蒸汽泵，或者电能，可以引发进一步的突破性发明，例如书、煤矿和电话。这些科技进步反过来又引出其他突破性发明，例如图书馆、发电机和互联网。每一步都增加新的推动力，同时保留已有发明的大部分优点。某人有了想法（例如旋转的轮子），通过交流进入其他人的大脑，衍生出新想法（将旋

转的轮子安放在雪橇下面，使它更容易拖动），曾经占主导地位的平衡被打破，变化出现了。

然而，不是所有的科技导致的变化都是积极的。产业化的奴隶制，如过去强加于非洲的那种体系，由装载俘虏漂洋过海的航船启动，受到轧棉机的激励，这种机器可以低成本加工由奴隶种植并收割的纤维。没有科技的推动，如此大规模的奴隶交易不会为人所知。上千种合成毒素大量破坏人类和其他物种的自然循环，这是由小发明引起的大祸害。战争，是由科技造成的强大负面力量经过放大的极其危险的结果。科技创新直接导致可怕的杀伤性武器的产生，这些武器可以让社会遭受全新的暴行。

另一方面，负面结果的纠正和抵消也来自科技。大多数早期的文明社会都实施过种族奴隶制，史前时期很可能也经历过，现在一些边远地区仍然在延续这一制度，它在全球范围内的彻底灭亡归功于通信、法律和教育方面的科技发展。检测技术和替代品可以消除合成毒素的日常使用。监控技术、法律、协商、治安维持、法庭、城市媒体和经济全球化能够缓和、抑制并最终减少战争的恶性循环。

社会进步，即使是道德进步，终归也是人类的发明。它是我们意愿和思维的有益产物，因此也属于科技。我们可以断定，奴隶制不是好理念，公正的法律是好理念，对裙带关系的偏好是恶劣的思维。我们可以认为某项惩罚性条约不合法，可以通过文字的发明来激发人们的责任意识，还可以自觉地扩展志同道合的朋友圈。这些都是发明，是大脑思维的产物，与灯泡和电报一样。

这种促使社会进步的加速器是由科技驱动的。社会进化需要渐进的推动力，历史上每个社会组织的生产都是通过注入新科技实现的。书写这一发明令成文法律的公正彰显出来。标准铸币这一发明使贸易更加普遍，鼓励创业精神，加速自由理念的形成。历史学家林恩·怀特评价道：“很少有发明像马镫这样简单，也很少有发明具备马镫这样的

对历史的推动作用。”在怀特看来，与马鞍搭配的矮马镫的使用方便了骑手在马背上使用武器，这使骑兵在对阵步兵时处于有利地位，有钱买马的君主也具有优势，于是欧洲的贵族封建制度就这样催生出来。马镫不是唯一因为有助于封建制度而受到指责的技术。按照卡尔·马克思的著名评论：“手工作坊孕育了封建主社会，蒸汽作坊孕育了产业资本家社会。”

复式记账法于1494年由圣方济各会修道士发明，从而使企业得以监控现金流并首次操作复杂的业务。威尼斯的银行业因复式记账法而崛起，开启了全球经济大门。欧洲活字印刷术的发明鼓励基督教徒自己解读本教的原始文本，导致基督教内部出现“抗议”这一特有的反宗教理念。早在1620年，弗朗西斯·培根——现代科学之父——就意识到科技正日益强大。他列举了三种改变世界的“实践艺术”：印刷术、火药和指南针。他宣称：“似乎没有任何帝国、宗教或时代的开端对人类事务产生过像这些机械发明这样大的动力和影响。”培根帮助建立科学方法，加快发明的速度，从而导致社会的持续变动，就像一颗接一颗的观念种子打破了社会均衡。

表面上看，像时钟这样的简单发明引发了深远的社会效应。时钟将连续的时间流分割成可计量的单位，而时间一经拥有面孔，就露出专横嘴脸，指挥你的生活。计算机专家丹尼·希利斯相信，时钟装置可用来理解科学及其众多文化派生物。他说：“我们可以用时钟的机械结构来比喻自然法则的独立作用。（计算机按照预设规则呆板地运行，因此是时钟的直接派生物。）一旦我们能够把太阳系想象成钟表式的自动机器，那么将这种思维推广到大自然的其他方面就几乎是不可避免的，于是科学过程就这样开始了。”

工业革命期间，我们的发明改变了日常生活。新机器和便宜的燃料为我们带来大量食物、朝九晚五的工作日和大烟囱。这个技术阶段是肮脏的、破坏性的，人们常以非人道的方式建设和管理社会。生

铁、砖石和玻璃的坚硬、冰冷及不易弯曲的特性使高楼的遍地开花显得与人类——如果不是所有的生物——格格不入、互不相容。它们直接吞噬自然资源，因此给人们留下邪恶的印象。工业时代最糟糕的副产品是浓黑的烟尘、黑乎乎的河水和在工厂里劳动的黝黑的暴躁工人，这些距离我们所珍视的自我认知如此遥远，以至于我们想要相信工业化本身就是异化的，甚至更糟。将硬邦邦、冷冰冰的物质对社会的占领视为罪恶并不难，虽然这样的罪恶是必要的。当科技渗入我们古老的生活习性中时，我们认为它是异己之物，像对待传染病一样对待它。我们欢迎它的产品，但心怀罪恶感。一个世纪前，人们认为科技被上帝宣判有罪，这本应是荒唐可笑的。科技是一种可疑的力量。两次世界大战将创新产生的杀戮能力完全释放出来，巩固了科技作为迷人的撒旦的名声。

在我们从各个时代科技进步过程中寻找这种异化特性并进行净化后，它不再显得那么冷酷。我们开始看透科技的物质伪装，认为它首先是一种行为。虽然有外壳，但它的核心是柔软的。1949年，约翰·冯·诺伊曼——制造出第一台可用计算机的天才——认识到，计算机正在告诉我们什么是科技：“短期内以及更遥远的未来，科技将逐渐从强度、材质和能量问题转向结构、组织、信息和控制问题。”科技不再只是个名词，它正在成为一种力量，一种生机勃勃的精灵，要么推动我们前进，要么阻挡我们。它不是静态事物，而是动态过程。

---

[1] 银行家时间，是指短暂的、轻松的工作时间。——译者注

[2] 广泛分布在中南部非洲，是一种鲜美的高度滋补的坚果。——译者注



## 第三章 第七王国的历史

### 专家导读

按照生物学家的分类，世界上有六大类生物。前三种是微生物，后三种依次是菌类、植物和动物。

亿万年来，这六大类生物一直在“共生进化”，且彼此交叉、缠绕，形成姿态万千的生态圈。

凯文·凯利注意到，一切生物都有天然的“借助外力”的本领，比如繁衍、筑巢、觅食、迁徙，以及标记自己的领地，这个本领其实与类人猿、人类使用工具毫无二致。在“技术元素”伴随语言、工具的诞生成为人类不可缺少的“伙伴”的同时，它仿佛有了自己的灵性，成为独立的“生命体”。

这个被凯文·凯利称为“技术元素”的“观念有机体”，伴随着生物的进化，特别是人的进化过程，被人发现、发明、打磨、雕琢、替换、更新，成为与生物行为密不可分的组成部分。这是“技术元素”起源的第二层。

“技术元素”的演化过程，仿佛有自己的生命周期，从语言到符号、文本，再到印刷品、留声机、电视；从犁铧、刀斧，到水车、磨盘、唧筒，再到手工织机、蒸汽机、汽船和飞艇。“技术元素”已成为“第七个生命王国”。

高度拟人化的比喻，贯穿凯文·凯利这本书的始终。他试图说明的是：与真正的生命物质不同，作为人类观念、工具、方法的复合体，“技术元素”似乎有更加旺盛的生命力，“几乎从来不会灭绝”；就算它的具体样式可能会在某个特定地区短暂“失传”，但只要下工夫，一定能在别的地方发现雷同、甚至完全一样的科技方法。

这种“相伴而生，相伴而行”的感觉，或许正是“技术元素”的独特之处。那些经年累月在人手中摩擦、抚摸、携带、使用的科技工具，仿佛有了某种灵性，与人的关系已经不单单是毫无生机的、可随时弃之如履的外在之物。

回顾旧石器时代，我们可以观察到这样一个进化时期，当时人类的工具还很原始，技术元素处于最小化状态。可是，由于科技先于人类甚至先于灵长类动物诞生，所以有必要超越我们人类的起源去了解科技发展的真实情况。科技是人类的发明，也是生命的产物。

如果给迄今为止在地球上发现的各种生物分类，可以分为6大类。这6大类——或者说生物王国——中所有的物种都有共同的生物化学结构。其中3个王国是极小的微观生命体：单细胞有机体。其余3个是我们常见的生物王国：菌类（蘑菇和霉菌）、植物及动物。

这6个王国中的所有物种——应该说今天地球上生存的所有有机体，从海藻到斑马，都是同步进化的。尽管生命形式的复杂性和发展程度不同，但所有存活的物种从祖先那里进化而来，用了同样长的时间：40亿年。所有生物每天都要经受考验，努力适应环境，延续数亿代，组成一条从未间断过的生命链。

很多生物学会建造住所，这些住所有助于主人获得身体组织所没有的能力。白蚁的殖民地是两米高的硬土堆，它们像白蚁的外部器官一样发挥作用：土堆的温度受到控制，出现损坏后，白蚁会进行修理。干泥本身似乎就有活性。我们认为是珊瑚——石质的树状结构——的东西是几乎不可见的珊瑚虫的栖息地。珊瑚和珊瑚虫行为一致。它也会生长，呼吸。蜂巢光滑的内表面，或者鸟巢的纤细构造，以同样的方式发挥功能。因此鸟巢或蜂窝最适合被看做修建出来——而不是生长而成——的躯体。居所是动物的技术，是动物的延伸部分。

人类的延伸部分是技术元素。马歇尔·麦克卢汉以及其他一些人认为，衣服是人的延伸皮肤，轮子是脚的延伸，照相机和望远镜是眼睛的延伸。科技发明是我们的基因创造的肉体的伟大外延。这样，我们可以认为科技是我们的延伸躯体。在工业时代，以这种思维理解世界是很容易的。蒸汽铲、火车头、电视机以及工程师的杠杆和装备，构成巨大的外骨骼，将普通人变成超人。进一步的分析揭示出这个类比的缺陷：动物的延伸外壳是来源于它们的基因。它们将自己所造之物的基础设计遗传给后代，人类不是这样。我们外骨骼的结构产生于我们的思维，这也许会自然地创造出祖先从未制造过甚至想象过的事物。如果说科技是人类的延伸，那也与基因无关，而是思维的延伸。因此科技是观念的延伸躯体。

技术元素——观念有机体——的进化与基因有机体相似，差异很小。二者有很多共同的特性：两种系统的进化都从简单到复杂，从一般到个别，从统一到多元，从个体主义到互利共生，从低效到高效，从缓慢变化到更大的可进化性。科技有机体随时间变化的过程符合一种与物种进化的系统树相似的模式。不过，科技表现的不是基因性状，而是观念。

但是观念从来不是孤立的。它们被嵌入一个由辅助观念、推论、支持性概念、基本假设、副效应、逻辑结果和一大堆后续可能性构成的网络。观念结伴而行，脑子里有一个观念意味着有一批观念。

大多数新观念和新发明是由不相干的观念汇聚而成的。时钟的创新设计启发人们制造更加出色的风车，原本是为了酿啤酒而建造出来的火炉被证明可以在钢铁行业发挥作用，用于风琴制作的机械原理被用在织布机上，而织布机的机械原理后来演化出计算机软件。通常无关联的元件最后构成紧密整合的系统，采用更加先进的设计。大多数发动机综合采用发热活塞和散热器，而精巧的风冷发动机将两种理念合二为一：发动机保留活塞，同时使之兼做散热器，将活塞产生的热

量散发出去。“就科技而言，共同改进是最佳的办法，也是常见的，”经济学家布莱恩·阿瑟在《科技的本性》（The Nature of Technology）一书中写道，“一项技术的许多组成部分被其他技术共享，因此随着这些成分在主技术‘之外’的其他应用上有所改进，大量进步就这样自动产生了。”

这些联合就像交配。它们创造出继承古代科技的系统树。诚如达尔文的进化论所言，微小的改进得到更多的复制，创新就在人类世界稳定传播。早期的观念孵化新观念并融入其间。技术不仅形成相互支持的生态联盟，而且指引进化的方向。技术元素的确只能被理解为一种正在进化的生命。

我们可以按照几种方式讲述生命故事。一种方式是生物发展里程碑的编年史。生命发展分为很多百万年級的段落，处于段落列表顶端的是有机体从海洋迁徙到陆地的那个时刻，或者说是它们长出脊柱的那个时期，也可以说是眼睛进化出来的时代。其他标志性时期包括有花植物的出现、恐龙灭绝以及哺乳动物的兴盛。这些是生命史上的重要分水岭，也是远古生命遗迹讲述的现在得到公认的故事。

但是，既然生命是自发的信息系统，那么一个更具启发作用的考察生命40亿年历史的办法是标示出生命形式的信息组织的重大转变。哺乳动物与其他事物——例如海绵——的不同点有很多，其中一个主要差别是信息在有机体内部流动时所依托的附加层。为了观察生命发展的各个阶段，我们有必要引用生命结构在进化过程中的重大转变作为说明。这是生物学家约翰·梅纳德·史密斯和厄尔什·绍特马里的方法，最近他们发现了生命史上生物信息发展的8个开端。

他们总结了生物组织的重大转变，如下：

单一可复制分子→可复制分子互动群落

可复制分子→由可复制分子串成染色体

RNA酶型染色体→DNA蛋白质

无核细胞→有核细胞

无性繁殖（克隆）→有性重组

单细胞有机体→多细胞有机体

单一个体→群落和超个体

灵长类群体→以语言为基础的群体

这个体系中的每一层都标志着生命复杂度的重大进步。性的出现很可能是生物信息重新排序的最大一步。由于受控的特征重组（双方各有一些特征）——而不是变异造成的纯随机多样性或者严格的同质性克隆——得以实现，性行为使可进化性最大化。采用基因有性重组的动物比它们的竞争对手进化更快速。其后的多细胞体的自然产生，以及更后面的多细胞有机体群落的产生，都证明了达尔文的生存优势理论。但更重要的是，这些创新作为平台，促使生物信息片段以更新、更易组织的方式构成整体。

科技的进化与自然的进化相似。主要的科技变革也是从一个组织层次过渡到另一个层次的通道。按照这样的观点，与其给铁、蒸汽动力和电力这样的重要发明分类，不如根据新科技如何重塑信息结构来编目录。举一个典型的例子，字母（与DNA有相同之处的符号串）转变成高度组织的知识，这些知识存在于书本、索引和图书馆等系统中（与细胞和有机组织相似）。

参照史密斯和绍特马里的方法，我根据信息组织达到的层次整理出科技的重大转变。其中每一步，信息和知识的处理都达到前所未有

的层面。

技术元素的重大转变如下：

灵长类交流→语言

口头传说→文字/数学符号

手稿→印刷品

书本知识→科学方法

手工制造→批量生产

工业文化→无所不在的全球通信

没有哪一次科技转变像第一次——语言的发明——那样全面地影响我们的物种和世界。语言作为存储器保存信息，比个人回忆更加适宜。以语言为基础的文化保留传说和口头知识，传授给子孙。有些人还未生育后代便死亡了，但他们的学识将被铭记。语言使人类能够比基因更快地修改和传播知识。

语言文字系统和数学的发明进一步构建前人留传下来的知识。观念可以编成索引被人们检索，更方便传播。文字让信息系统得以渗透到日常生活的很多方面，它加速了贸易、历法的发明和法律的形成——所有这些又在更大范围内丰富了信息。

印刷术让文化广为传播，再次扩充了信息的组织。与印刷品一样，文字符号处理也变得无处不在。图书馆、目录、交叉索引、字典、重要语汇索引以及简评出版物遍地开花，导致信息的普遍性达到新的高度——以至于今天我们甚至没有留意到印刷品在支配我们的视觉感官。

印刷术之后出现的科学方法在处理人类造成的知识大爆炸方面更加精准。通过同行评议及后面出现的期刊，科学提供了一种方法，可以提取可靠信息进行检验，然后使之与越来越多的其他经过检验、相互佐证的事实联系起来。

这种经过重新整理的信息——我们称之为科学——可以用于物质结构的重组。它可以产生新物质、新的制造流程、新工具和新观念。当科学方法运用于实业时，我们发明了可互换零件的规模化生产、装配线、效率和专门化。所有这些信息组织形式推动了生活标准的极大提高，我们欣然接受。

最后，知识系统的最新转变目前正在进行。我们制造的所有物品都包含条理性 and 设计规划。我们还在知识系统中添加了微芯片，这种技术可以进行小规模计算和通信。即使是最微小的带条形码的一次性用品也反映出些许集体思维。无孔不入的信息流不仅体现在人类身上，而且扩展到制造品。它通过大型网络在全球传播，而这一网络将成为最大规模的（但不是最终的）信息梳理场所。

技术元素递增的轨迹与生命发展的轨迹一样。在生命系统和技术元素中，某个层次的相互关联性不断增强，在此基础上衍生出新一层组织。记住下面这一点很重要，那就是技术元素的重大转变的开端正是生物转变停止的地方：灵长类群体导致语言的产生。

语言的发明标志着自然界的最后一次重大转变，人类社会的第一次转变。文字、观念和概念是社会动物（例如人类）创造的最复杂的事物，也是任何类型科技最简单的基础。因此，语言为前后两次重大转变牵线搭桥，使之整合为一个连贯体，这样自然进化汇入技术进化中。历史重大转变的完整序列如下：

单一可复制分子 → 可复制分子互动群落

可复制分子→由可复制分子串成染色体

RNA酶型染色体→DNA蛋白质

无核细胞→有核细胞

无性繁殖（克隆）→有性重组

单细胞有机体→多细胞有机体

单一个体→群落和超个体

灵长类群体→以语言为基础的群体

口头传说→文字/数学符号

手稿→印刷品

书本知识→科学方法

手工制造→规模化生产

工业文化→无所不在的全球通信

这些逐步升级、递增的转变揭示出一段漫长的历史。我们可以认为技术元素是信息——始于6个生命王国——的进一步重组。从这个角度说，技术元素成为第七个生命王国，它扩展了一个40亿年前开始的进程。正如现代智人的进化树很早以前从动物祖先那里偏离一样，技术元素现在也偏离了其前身，也就是人类的思维。从它们的共同根部向外涌出新物种——锤子、轮子、螺钉、精炼金属和农作物，还有稀有物种，如量子计算机、基因工程、喷气式飞机和互联网。



技术元素在几个重要方面与其余6个王国有所差别。与后者的成员相比，技术元素形成的新物种是地球上最短命的物种。狐尾松<sup>[1]</sup>目睹了所有门类的技术潮起潮落。我们制造出来的物品没有一件在持久性上接近存在时间最短的生物。很多数字技术的生命周期比单只蜉蝣生物还短，更不用说与这个物种相比。

但是大自然不能预先计划。它不会储藏创新，以备将来之需。如果自然界的变异不能提供即时的生存优势，维持这种变异的代价太大，那么随着时光流逝它就消失了。可是，有时有利于解决某个难题的特性被证明同样有助于解决下一个未曾预料到的难题。例如，羽毛经过进化，可以为冷血的小恐龙保暖。此后，曾经长在四肢上用于保暖的同一种羽毛被证明有利于短距离飞行。翅膀和鸟类不是计划中的产物，而是从新的保暖工具发展而来。这些“无心插柳柳成荫”的创新在生物学中被称为延伸适应。我们不知道自然界中的延伸适应有多么普遍，但是就技术元素来说，延伸适应是常见的。技术元素正是延伸适应，因为创新成果容易离开诞生地，被别处借用，或者穿越时空，被赋予新的用途。

奈尔斯·埃尔德雷奇是分段式进化理论的共同创立人之一（另一位是斯蒂芬·杰·古尔德）。他的专业特长是三叶虫历史，这是一种古代节肢动物，外表像今天的潮虫。他的业余爱好是收集短号，这种乐器与小号非常相似。埃尔德雷奇曾经运用专业分类学方法对收集的500个短号进行分类，其中有些可追溯到1825年。他选择17个属性来区别这些乐器，例如号嘴的外形、活塞的放置、管长和管径，与他应用于三叶虫的度量项目极其相似。他研究短号的发展历程时，采用的技术与运用于古代节肢动物研究的技术类似。他发现短号的传承模式在许多方面同生物有机体十分相近。例如，短号的发展表现为分段式改进，和三叶虫很像，但是乐器的演进也是非常独特的。多细胞生命的进化和技术元素的进化的关键区别在于，生命领域中特性的融合大多数是即时“垂直”发生的。创新从活着的亲代那里通过后代留传下来（垂直

地)。而在技术元素领域，多数特性融合是在接触一段时间后横向发生的——这种情况甚至出现在“已灭绝”的技术上，或者从非亲代那里传承下来。埃尔德雷奇发现，技术元素的进化不是重复被认为与生命树相似的分叉模式，而是一种不断扩展的回归路径网络，它经常回溯到“已死亡”的观念，或者恢复“失传”的特性。换个说法就是：早期的特性（例如延伸适应）已提前做好准备，促使后人采用，得以传承。这两种模式的差别很大，埃尔德雷奇认为，人们可以据此来鉴定一棵进化树描述的是某个生命家族还是科技家族。

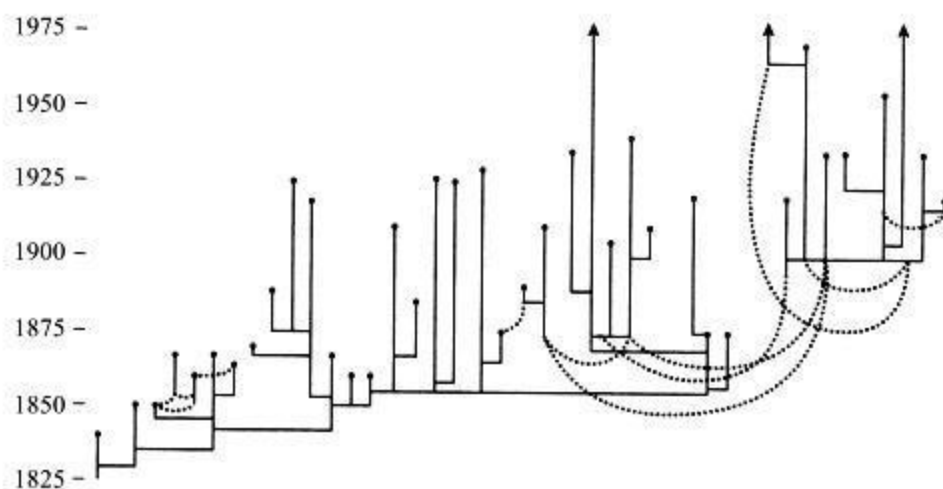


图 3-1 短号的进化树。每种短号传承的设计特性显示了各分支如何借鉴以前的样式或者不相邻的分支（点线表示），与有机体进化不同

技术元素和有机体进化的第二个不同之处是：渐进式演变是生物界的法则。革命性步骤极少，一切进化都是通过一长串小步骤完成的，其中每一步都必须适应当时的生物体。与之相对，科技可以跳跃式发展，出现突然的跃进，省略渐进式步骤。正如埃尔德雷奇所指出的：“比目鱼的双眼同在一侧，这是从古代鱼类的初始双目对称结构演变而来，但晶体管绝不是以那样的方式从真空管‘演变’而来。”比目鱼经历了数亿次渐进式改良，而早期的真空管跳跃式地发展为晶体管，最多只有几十次的迭代。

不过，科技和生命在进化问题上最大的差别——比其他差别大很多——是：与生物物种不同，科技物种几乎从不会灭绝。有些以往的技术被认为已经失传，但是详细调查显示，地球上某些地方某些人仍在使用这些技术。一项技术或一件手工艺品也许在现代城市属于稀有品，但在不发达的乡村十分普遍。例如，缅甸到处都有牛车，篮子在非洲大部分地区随处可见，手工纺织在玻利维亚依然兴旺。一项被认为已经消失的技术可能受到现代社会中某个以传统为根基的少数群体的热烈欢迎，只是为了获得某种宗教仪式般的满足感。想一想阿米什人的传统生活方式，或者现代部落社会，还有狂热的旧式长篇文学收藏者。老技术或许过时了，也就是说，不是很普及，或者属于次等，但仍然被小范围采用。有很多这样的例子，其中一个晚至1962年，在那个所谓的原子时代，波士顿某个街区内的许多小企业使用蒸汽动力，经上方的传动轴来操作机器。这种旧时代的技术可一点也不少见。

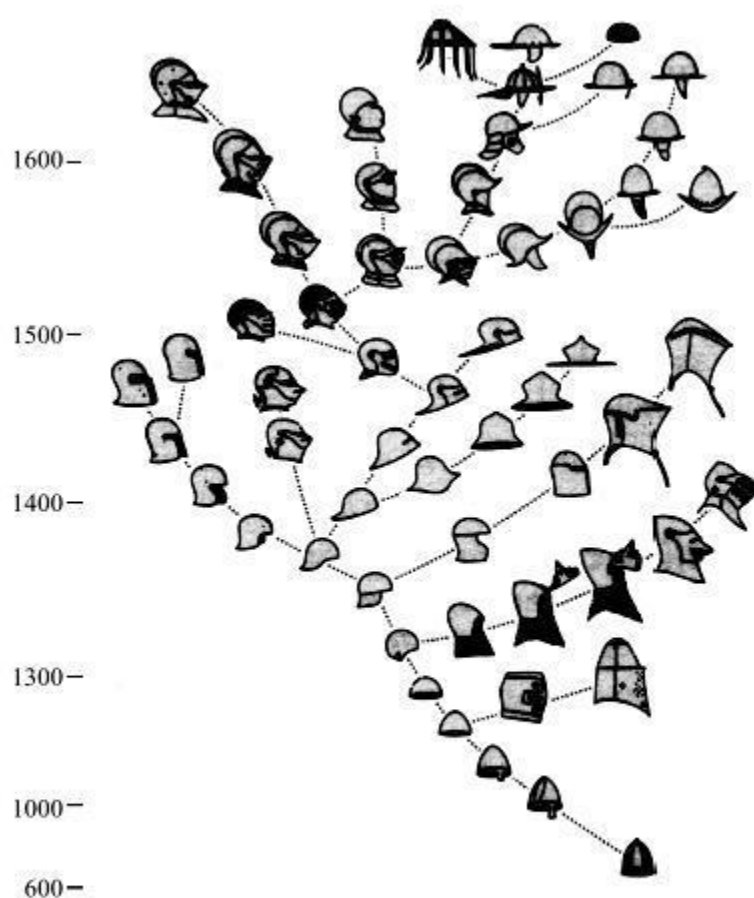


图 3-2 头盔 1 000 年的演变。美国动物学家和中世纪盔甲专家巴什福德·迪安手绘了这幅中世纪欧洲头盔演变的“家谱树”图，起始年份为公元 600 年

在环游世界的过程中，我对这一现象感到震撼，那就是古代技术具有强大韧性，在能源和现代资源匮乏的地区通常是第一选择。对我来说，似乎从未有技术消失过。一位声望很高的科技史学家不假思索地对我的结论予以反驳：“瞧，他们不制造蒸汽动力汽车。”嗯，用谷歌搜索了一会儿，我很快找到有人正在生产全新的斯坦利蒸汽汽车零件。漂亮的闪闪发光的铜质阀门、活塞，要什么有什么。只要有足够的钱就可以组装起一辆崭新的蒸汽动力汽车。当然，成千上万的业余爱好者依然在手工打造蒸汽汽车，还有成百上千的人在驾驶老式汽车。蒸汽动力是一项非常纯正——尽管罕见——的科技物种。

我决定调查一位居住在大都会（例如旧金山）的后现代城市居民能够找到多少老技术。100年前，还没有电能，内燃发动机还未问世，公路不多，远距离通信方式很少，除了邮政网络。可是，通过邮局，可以订购蒙哥马利·沃德公司产品目录上的几乎所有产品。我复印了该目录，上面褪色的油墨带着一丝早已灭亡文明的陵墓的气息。然而，很快我就惊讶地了解到，100年前出售的上千种商品中大多数——在本书中列举出来——现在依然有售。尽管样式不同，但基本技术、功能和形式不变。带有小装饰品的皮靴仍然是皮靴。

我给自己设置了一个难题，即找出1894~1895年蒙哥马利·沃德公司产品目录某页上的所有产品。我快速浏览了这本600页的目录，选择了相当典型的一页，上面主要是农业用具。今天，找到这些过时的工具类型，要比寻找其他各页上的锅灶、灯、钟、铅笔和锤子困难得多。农业用具看起来就像某些恐龙。手动发电的玉米脱粒机，还有涂料磨，不管其功能是什么，谁会需要？假如能够在农业时代买到这些被淘汰的工具，就可以强有力地证明失传的技术并不多。



图 3-3 耐用商品目录。左边是 1894~1895 年蒙哥马利·沃德公司产品目录的第 562 页，通过邮购出售农业用具。右边是 2005 年网上各种来源提供的对应的全新产品

从eBay上寻找古玩显然是愚蠢的行为。我的考验是找到这些器具的新式版本，因为这将表明，这些技术物种仍然有生命力。

结果令我大吃一惊。数小时内我找到了这本百年老册子第562页列出的每个商品单项。可以在网上购买到经过改头换面的所有老式工具。它们都还“活”着。

我没有通过研究查明每种物品都还在使用的原因，但我推测这些工具大都有相同的历程。当正常经营的农场彻底丢弃这些过时的工具，几乎完全实行自动化作业时，许多人仍然用非常简单的手持工具从事园艺，仅仅是因为这些工具管用。只要后院的西红柿味道比种植园的鲜美，原始的锄头就有生存空间。显然，自己动手收割农作物是一种乐趣，即使收割量很大。我猜测有些这样的工具是阿米什人和其他怀有回归大地思想的人购买的，他们认为不靠燃油的机器干活是一种美德。

但是1895年也许还不算太遥远。我们来看看最古老的技术：燧石刀和石斧。哦，事实证明你可以买一把崭新的燧石刀，手工磨薄，用压制过的皮带精心地系在鹿角手柄上。从任何方面看它确实和3万年前制作的燧石刀属于同一种技术。得到这把刀需要花费50美元，多家网站有售。在新几内亚的高原，20世纪60年代之前部落居民一直在制作石斧作为自用工具。现在他们仍然按照同样的工艺为游客制作石斧。石斧迷向他们学习，一条未曾断裂的知识链保证了这门石器时代的科技经久不衰。今天，仅在美国就有5000名业余爱好者手工打造全新的弓箭头。他们周末聚会，在燧石打磨俱乐部交换成果，向纪念品中间商出售自己做的箭头。专业考古学家和燧石打磨人约翰·惠特克（John Whittaker）研究过这些业余爱好者，他预计这些人每年能够制作出超过100万支崭新的矛和箭头。这些新箭头与真正的古代箭头难以区分，即使对惠特克这样的专家来说也是如此。

少数技术永远地从地球上消失了。希腊人的战争技巧遗失了几千年，不过现在有个好的研究机会让它重见天日。印加文明的记账系统采用绳上打结——被称为结绳文字——的方式，其实际操作方法被遗忘了。我们有一些古董样品，但是对它们的实际用法一无所知。这也许是个案。不久之前，科幻小说作者布鲁斯·斯特林和理查德·凯德利编制了一份“死亡工具”名单，该名单关注的是一些受大众欢迎的器具昙花一现的状况。最近，诸如海军准将64型计算机和雅达利系列计算机这样的已经消失的发明被添加到一份记录陈旧技术的长名单中，名单上包括幻灯机和电传簧风琴。不过，事实上这份名单中的大多数条目并没有消失，只是少见而已。一些最古老的工具制作技术被地下室工匠师和狂热爱好者保留下来。很多时间上更靠近今天的技术仍在用于生产，只是更换了商标和外形。例如，大量应用于早期计算机的技术现在可以在手表或玩具上找到。

除了极少的例外，各种技术都没有消失。在这方面它们与生物物种不同，后者从长远来看不可避免地走向灭绝。技术以观念为基础，以文化作为存储器。它们被遗忘了，可以复活，还可以被记录下来（通过越来越先进的方式），这样就不会被忽视。技术永存于世。它们是第七生命王国的永久边界。

---

[1] 狐尾松以长寿著称，是地球上最古老的树木之一。——译者注

## 第四章 外熵的扩展

### 专家导读

在探索“技术元素”起源问题的第三层，也是最抽象的一层时，凯文·凯利谈到了“熵”，以及他偏爱的术语“外熵”。

理解这个重要的概念，需要有三个方面的想象力——

其一是，想象一下我们身上的“原子”（其实，“原子”这一词汇已经是较为落伍的词汇了，不过并不影响理解“熵”这个问题本身）。我们身上的原子在一刻不停地运动，并可能飞离这个躯体，进入浩渺的外部空间。再想象一下古老宇宙中无数微粒以及构成万物的原子，其实不停地在星球、动物、植物、大气，以及雪佛兰轿车、电脑芯片间交换、穿行，当然这种交换、穿行也包括你的躯体——你会有何种感觉？

其二是，想象一下决定这些“原子”貌似四处乱撞的冥冥之力，以及这些原子所携带的“味道”、“色泽”、“能量”。这些原子彼此撞击着、缠绕着，一会儿聚拢在一起，一会儿又飞离而去——你会有何种感觉？

其三是，想象一下这些“原子”的“死亡”与“重生”，离别与永恒。落入泥中的花瓣，飘入空气中的气息，腐败的动物躯干，新生的婴儿毛发，机器齿轮边缘的一粒微尘，静卧海底万年之久的海星——你会有何种感觉？

在经典热力学的文本里，这个世界是单向的，一切物质都不可避免地要在“原子”的穿行、交换、缠绕中走向均质化，走向“热寂”。这是“熵”的力量。

然而，“保持差异的努力与熵的拉力之间的斗争，创造了自然界的奇观”，这种抵抗熵增加的力量，即是所谓“外熵”，并且被作



者定位于“与信息极其相似”的自组织的过程。

这种“超越大脑母体”的“技术元素”，就是伴随生命出现的“外熵”力量，它“正在重新征服地球”，凯文·凯利如是说。

我们可以把技术元素的起源重新描述为若干关于发明创造的故事，这些故事构成一组同心圆。每次重述都阐明了更深刻的影响。第一次讲述中（见第二章），科技起始于现代智人的思维，但很快就超越了思维。第二次讲述（见第三章）揭示了人脑思维之外作用于技术元素的力量：作为整体的有机生命表现出来的延伸适应和扩展。在第三个版本中，圆圈将超越思维和生命，进一步扩大，涵盖宇宙。

技术元素的本源可以追溯到原子的生命历程。原子在手电筒电池这样的日常生活用品中的短暂旅程，是其漫长生涯中有别于其他任何事物的一刹那。

大多数氢原子在时间的起点就诞生了，它们本身和时间一样古老。大爆炸的高温创造出氢原子，并使它们以均匀的热雾形式扩散至整个宇宙。从那时起，每个原子就踏上了孤独之旅。当一个氢原子无知无觉地漂浮在广袤宇宙、距离同伴成百上千公里时，它比四周的真空活跃不了多少。没有变化，时间是无意义的，99.99%的宇宙空间只有极小的变化。

10亿年后，某个氢原子也许被吸入某个凝固星系的重力场。伴随着最模糊的时间和变化的迹象，这个氢原子朝稳定的方向飘动，靠近其他物质。下一个10亿年，它突然撞入遇到的第一块小物体。数百万年后，又遇到第二块。一段时间后，它遇到自己的同类，另一个氢原子。它们在微弱的引力作用下一起漂浮，经过漫长的岁月，遇见了一个氧原子。突然，奇怪的事情发生了。瞬间高温让它们聚成一个水分子，接着也许被吸入某个星球的大气环流。在融合状态下，它们被卷入宇宙变化的大循环中。很快这个水分子被裹挟到雨团中，落至地面

的水池里，与其他相互冲撞的原子汇聚在一起。它与不计其数的同伴一起，在数百万年的时光里一遍又一遍地经历这个循环——从拥挤的水池到大片的云朵，然后又回到池中。一天，一个偶然的机会，水分子被某个水池里异常活跃的碳链捕获，生命历程又一次得以加速。它在一个简单的循环中转圈，帮助碳链传播。疾速运动以及经历在死气沉沉的宇宙空间不可能出现的变化让它感到欢乐。碳链中的水分子被其他碳链偷走，经过多次重新装配，最后氢原子发现自己处于细胞中，不断改变与其他分子的关系和结合力。现在它绝大多数时候都在变化着，不停地与外界互动。

人体内的氢原子每7年完全更新一次。等到上了年纪，我们就是一条由大批老原子汇成的河流。我们体内的碳元素来自星尘。手掌、皮肤、眼睛和心脏的主要物质都形成于时间的起点，也就是数十亿年前。我们的真实年龄要比外表看起来大得多。

对于我们体内的普通氢原子而言，花费几年时间从一个细胞驻地飞奔至下一个，这将是我们能想象到它们所实现的最短暂的壮举。140亿年保持安静，然后来一次狂野的短暂旅行，穿越生命之水，接着，当所在的星球毁灭后，又回归宇宙的隔绝状态。用转瞬即逝来形容这次旅程都会显得太长。从原子的视角看，任何活着的有机体都是旋风，会将它卷入疯狂的混乱和有序中，让它享受140亿年一次的狂欢。

虽然细胞的速度快得有些疯狂，但能量流过科技的速度甚至更快。事实上，在这方面科技比目前已知的其他任何可持续系统更为活跃——它可以让原子旅行到更远的地方。今天，就最远的旅程而言，宇宙中持久性最强的活跃事物是计算机芯片。

更确切的说法是：宇宙间所有持久事物中，从行星到恒星，从雏菊到汽车，从大脑到眼睛，可以传导最密集能量——每秒钟通过1克物质的最大能量——的物品就在笔记本电脑的核心。这有可能吗？与流过太空星云的微小能量相比，恒星的能量密度是巨大的。但引人注目

的是，比起草本植物内部的密集能量流和活跃度，太阳的能量密度相形见绌。尽管太阳表面能量超强，但它的质量极大，寿命达100亿年，因此作为一个整体系统，太阳每秒每克的能量流小于吸收阳光能量的向日葵。

一颗爆炸的核弹拥有的能量密度远高于太阳，因为前者是不可持续的失控的能量流。百万吨级核弹会释放 $10^{17}$  尔格 [1] 能量，这个数字是巨大的。可是这种爆炸的全部时间只有 $10^{-6}$  秒的超瞬间。因此，如果“分摊”一次核爆炸，使其能量释放时间为整整1秒，而不是微秒，那么它的能量密度会下降到只有每秒每克 $10^{11}$  尔格，这大约是笔记本电脑芯片的能量密度。就能量而论，奔腾芯片也许更适合被视为爆炸速度非常缓慢的核弹。

核爆炸中见到的飞速熄火现象同样发生在射击、化学炸弹、超新星和其他类型的爆炸物上。它们消耗自身物质，释放出难以置信的高密度但又不可持续的能量。与太阳相似的恒星可以数十亿年保持耀眼的核裂变，这是它们的不凡之处。不过，尽管做到这一点，但它们的能量流通速度比绿色植物产生的可持续能量流还要慢！与射击的爆炸过程不同，草本植物内部的能量交换会产生由绿叶、黄褐色主茎和肥厚种子构成的美妙结构，这是一种成熟结构，包含的信息可用于设计完美的克隆。更强大的是动物体内的稳定能量流，它让我们真正感受到能量波的威力。它们上下起伏、发射脉冲、移动，某些情况下向外辐射热量。

穿过科技的能量流比动物的还要强大。用每克每秒的焦耳（或者尔格）数来度量的话，高科技设备长时间积聚的能量是最多的。图4-1所示的能量密度图——由物理学家埃里克·蔡森编辑——最右端显示的是计算机芯片。它通过细微电路传导的能量流密度高于动物、火山或太阳。这种微型高科技产品是已知宇宙中最具活力的事物。

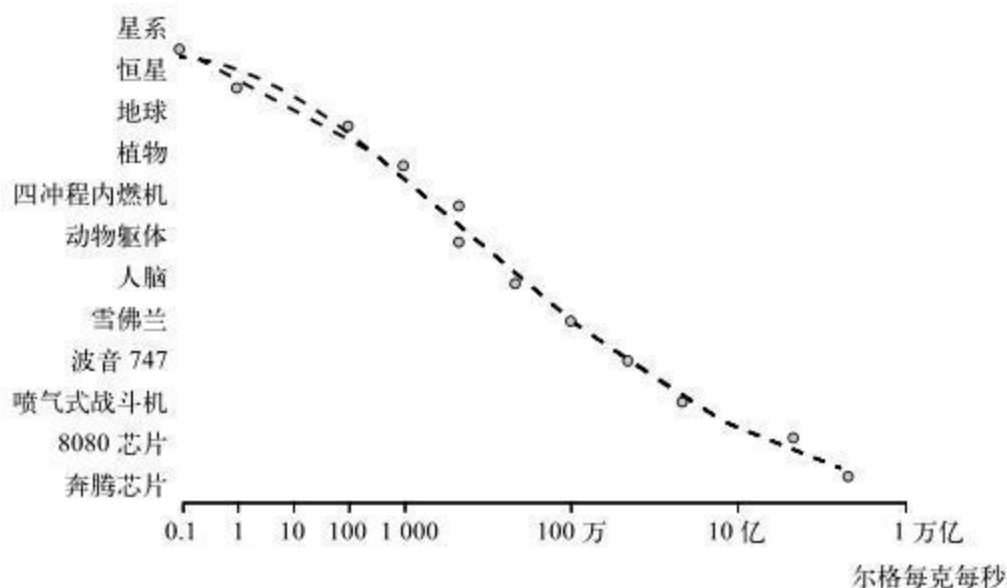


图 4-1 能量密度变化曲线。图中按能量流密度大小排列大型复杂系统。  
能量流密度的测量依据是系统存在期间每秒流过 1 克物质的能量

现在我们可以认为技术元素的故事就是扩展宇宙活力的故事。在万物萌生的绝对起点，宇宙——如果可以这么称呼的话——聚集成非常非常小的空间。整个宇宙始于一道闪光，比最小原子中最小粒子的最小部分还要小。这个极小点内部热量、明亮度和密度均匀分布，所有部分温度统一。事实上，没有空间可以容纳任何差异。这是彻底的死寂。

但是，从万物的绝对起点开始，这个极小点以我们尚未理解的方式膨胀。所有的新生点都在各自飞离。当宇宙膨胀到大约人头大小时，有可能开始冷却。在膨胀到这么大之前，第一个3秒内宇宙质地极为紧密，没有任何空隙；极其饱满，甚至连光也不能运动。实际上，它是如此统一，以至于今天我们在现实中看到发挥作用的4种基本力——引力、电磁力、强相互作用力和弱相互作用力——被压缩成单一合力。在这个起始阶段，只有一种总能量，它随着宇宙的扩张分化为4种不同的力。

宇宙伸展过程中不产生任何物质。虚无空间膨胀的同时，也在持续冷却。宇宙使能量冷却为物质，接着减慢物质的运动速度，放射出光线，释放引力和其余3种力。

简单地说，能量是将要冷却的潜势，但需要势差才能实现。能量的流动只会从高到低，所以没有势差，就不可能有能量流动。奇怪的是，宇宙的膨胀速度比其中物质冷却凝固的速度快，这意味着冷却的潜势在增加。宇宙膨胀越快，冷却潜势越大，在其范围内势差就越高。在宇宙的漫长岁月里，这种不断扩大的势差（位于持续扩张的空间和大爆炸的残余高热之间）孕育了进化、生命和智慧，并最终导致科技的加速发展。

能量如同受到重力作用的水，流向最低和最冷的层，直到所有势差消失才会停止。大爆炸后的第一个千年里，宇宙内部温差非常小，很快就达到均衡。如果宇宙不再扩张，基本上不会有趣事发生。可是宇宙膨胀给了万物一次诞生的机会。通过向四面八方膨胀——所有点各自远离，宇宙产生了空旷的底部，等级体系的底层，能量可以向下运动至此。宇宙扩张越快，底层的空间越大。

底层的绝对底部是所谓的终极状态——热寂。那里绝对安静，没有运动，因为没有势差，没有潜势。可以把它想象成无光、寂静，任意方向完全相同。所有差异——包括“这”和“那”的基本差异——完全失效。这个同一性地狱被称为最大熵。熵是描述废物、紊乱和无序的科学名词。就目前所知，宇宙中唯一没有已知例外的物理法则是：天地万物，皆归本原。宇宙间的一切事物都在沿着一条下降通道稳步滑向由大爆炸余热和最大熵导致的终极均衡状态。

我们可以在很多方面观察到这条无处不在的下降通道。因为熵，快速移动的物体会减速，有序的事物会崩溃，进入无序状态。而对于任何差异或个性而言，要保持独特性，就会付出代价。每一种差异，无论是速度、结构，还是行为，都会迅速减退，因为每一次运动都会

释放能量，宇宙中的差异是受到约束的，要想保持差异，必须违反常规。

保持差异的努力与熵的拉动力之间的斗争创造了自然界的奇观。老鹰这样的食肉动物位于耗熵金字塔顶端：1年中1只鹰吃掉100条鳟鱼，100条鳟鱼吃掉10000只食草昆虫，这10000只昆虫又吃掉100万片草叶。这样，100万片草叶间接供养了1只鹰。可是，这一堆草叶的重量远远大于1只鹰。这种十足的低效要归因于熵。动物生命中每次运动都要耗费少量的热量（熵），这意味着所有食肉动物捕获的能量要小于捕猎过程中消耗的全部能量，一生中一次次的运动使这个差额不断增加。生命循环要想永不停息，唯有通过阳光照射小草，持续产生新能量作为补给。

这种必然的浪费如此触目惊心、不可避免，可令人吃惊的是，任何系统都能够长时间存在，不会快速解体至冰冷的均衡状态。我们在世间看到的一切有趣并且健康的事物——活着的有机组织、文明、社会、智慧和进化本身——在面对熵的虚无的同一性时，都以某种方式保留持久的差异。扁形虫、星系和数码相机都有这个相同的特性，它们保持了很大程度上被高温无分化环境消除的差异状态，那种普遍的死气沉沉和静止状态是宇宙中大多数原子的常态。当物质世界的其余部分滑向凝固的底层时，只有少数不寻常的事物捕捉到能量波，借此成长壮大，生机勃勃。

持久差异的广泛传播是熵的反向运动。这一现象被称为外熵（exotropy）——向外逆转。外熵是科技术语负熵（negentropy）——即熵的负值——的另一种说法。该词汇最早由哲学家马克斯·莫尔提出，不过他的拼写是extropy。我借用他的词汇，改动拼写以强调与反义词熵的区别。我对外熵一词的偏爱超过负熵，因为它是一个正面词汇，表现性质不同的双重否定的措辞，含义是“无序不存在”。通过这

样的描述，外熵远比简单的“减少紊乱”更令人振奋。可以认为外熵是一种来自自身的力量，会突然连续引发一系列不大可能存在的过程。

外熵不是波，也不是粒子、纯能量或者超自然奇迹。它是非物质流，与信息极为相似。既然外熵被定义为负熵——无序状态的反面，那么根据定义，它是有序状态的扩大。可是，什么是有序？对于简单的物理系统，热力学概念足以解释；而对于包括黄瓜、大脑、书本和自驱动卡车的现实世界，我们尚未找到度量外熵的有效工具。我们最多可以这么说，外熵类似于但不等同于信息，它需要自组织过程。

我们无法给外熵下一个与信息相似的精确定义，因为我们并没有真正理解信息。事实上，信息这个词汇包含了若干相互矛盾的概念，这些概念本应有自己的专用术语。我们用信息指代：（1）一组二进制位元；（2）含有意义的信号。令人困惑的是，当熵增加时，位元增加，而信号减少，于是一类信息增加，而另一类减少。直到我们说明自己的确切含义，信息这个术语才能最好地发挥比喻作用。这里我试图使用它的第二层意思（不一定总是一致）：信息是一组产生差异的信号。

作为此处的最佳比喻，信息使外熵的意义更加模糊。我们解释生活中的神秘事物，往往使用已知的最复杂系统所启发的意象。自然世界曾经被描述为身体，在时钟出现的年代被描述为时钟，到了工业时代则是机器。现在，“数字时代”来临，我们用计算机来比喻自然。对于思维如何工作，或者进化如何发生，我们用大型软件程序处理信息流的模式来解释。这些历史上的比喻都没有错，只是不完整而已。最近，人们用信息和计算来比喻，情况仍是如此。

然而，外熵与增强的有序性一样，需要的不只是信息。在我们之前，科学已经历了数千年的发展，同样也被数千次比作他物。信息和计算可能并非目前存在的最复杂的非物质实体，但迄今还没有发现更复杂的非物质实体。我们最终也许会发现外熵包括量子力、引力，甚

至量子引力。可是现在，信息（从条理性意义上说）是我们已知的理解外熵特性的最佳类比。

从宇宙视角看，信息是世界的主导力量。在宇宙的初始阶段，即紧接着大爆炸之后的时期，能量支配存在。当时辐射是唯一的存在，宇宙就是一团光。渐渐地，宇宙膨胀并冷却，物质成为主导者。物质成块状，分布不均匀，但它的结晶性质产生引力，开始塑造宇宙。随着生命的出现（就在人类的周边区域），信息的影响增大。我们称之为生命的信息过程数十亿年前控制了地球的大气层。现在，另一个信息过程——技术元素，正在重新征服地球。外熵在宇宙的扩大（从地球的视角看）也许就像图4-2显示的那样，图中E=能量，M=质量，I=信息。

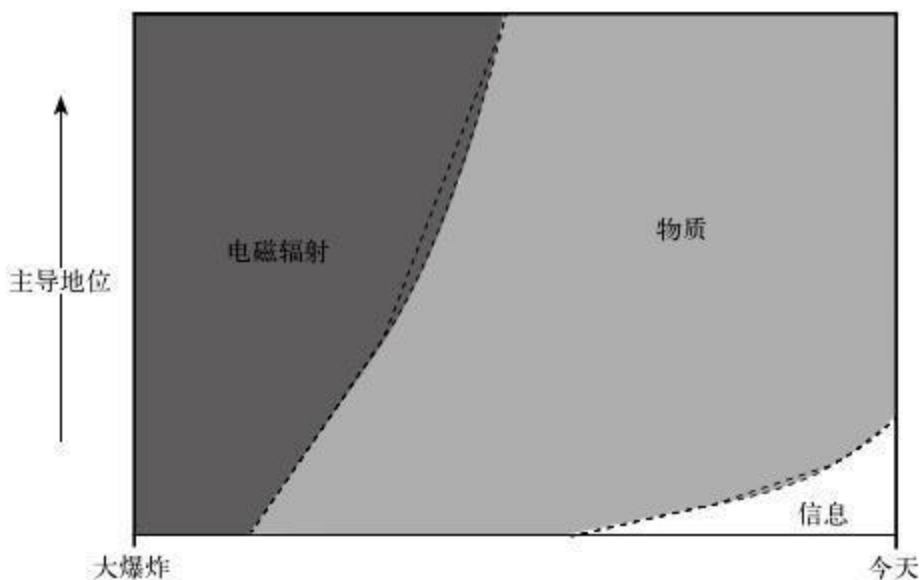


图 4-2 宇宙的不同主导阶段。自大爆炸发生以来，我们所在的宇宙局部区域中占相对主导地位的力量有所变化。时间轴以对数标尺形式显示，单位成指数级增长。在这个标尺上，初生阶段的几纳秒占据的横轴长度与今天的 10 亿年相同

外熵几十亿年持续扩大，产生稳定的分子、太阳系、恒星大气层、生命、思维和技术元素，可以被重述为有序信息的缓慢积累。更



确切的说法是，累积信息的缓慢有序化。

通过极端例子可以更加清楚地认识这个问题。4瓶摆放在实验室物品架上的核苷酸与染色体上的4条核苷酸链之间的区别在于后者的原子作为可复制DNA双螺旋结构的组成部分而获得的附加结构，或者说有序化。同样的原子，但后者更加有序。当核苷酸原子的细胞载体发生进化时，它们又会添加新一层组织和条理性。在有机组织进化过程中，这些原子携带的信息代码经过控制和处理，得到重新排序。在基因信息之外，原子现在还传递自适应信息。它们从保留下来的创新中获得条理性。随着时间流逝，同样的原子可以提升 to 新的有序层次。也许它们的单细胞居所与另一个细胞融合，组成多细胞，这需要更大的有机组织——和细胞一样——的信息结构。更加深入的进化——细胞群转变成组织和器官、性的产生、群居生物的出现——继续提高有序性，使流过同一批原子的信息结构得以扩展。

40亿年来，进化一直在积累基因库知识。40亿年能学到很多东西。今天地球上的约3000万物种中的每一种都是不曾间断的信息链，其源头可以追溯至第一个真正的细胞。这条DNA链的每一节都会学到新知识，并将这些来之不易的知识添加至它的内部代码。基因学家木村资生估计，自大约5亿年前寒武纪生物大爆发以来，每个遗传谱系（例如鸚鵡或袋鼠）的总基因信息量累计达到10兆字节。现在，用单个有机体的特有信息乘以今天世界上存活的有机体总数，将得到一笔天文数字的宝藏。想象一下，装载地球上所有有机体（种子、卵子、孢子、精子）的基因，也许需要一艘具备数字化存储能力的诺亚方舟。有人估计，地球是 $10^{30}$ 个单细胞微生物的庇护港湾。典型的微生物，例如酵母菌，每一代发生一次1比特（位元）变异，这意味着所有活着的有机体将获得1比特的特有信息。单独计算微生物（约占生物总数的50%），今天的生物圈包含基因信息量为 $10^{30}$ 比特，也就是 $10^{29}$ 个字节，或者说10万尧[2]字节。这的确是个大数字。

这还只是生物信息。技术元素自己的信息海洋也是深不可测。它反映了人类8000年保存下来的信息。按照数字存储量计算，当今技术元素包含487艾<sup>[3]</sup>字节信息，数量级比自然界总数小很多，但成指数级增长。每年由科技产生的计算机数据增长66%，增长率压倒性地超过任何自然来源。与邻近的其他行星或者太空深处漂浮的一般物质不同，知识和自组织信息的厚地毯包裹着这个星球。

技术元素的宇宙发展史还有其他版本。我们可以认为外熵的长期运行趋势是脱离物质，升华为非物质。在早期宇宙，物理法则占主导地位。发生作用的只有化学法则、动量、扭矩、静电以及其他不可逆物理力，没有其他任何游戏规则。物质世界的强大约束产生的只是极其简单机械的物质形态——岩石、冰和气体云。但是太空的扩展以及潜在能量的相应增加，给世界引入新的非物质动力：信息，外熵和自组织。这些可能产生组织的新机会（例如存活的细胞）不违背物理化学规则，但又保持距离。并不是说，生命和意识仿佛被直接装入物质和能量的世界，确切地说，是生命和意识摆脱了束缚并且超越了它们。物理学家保罗·戴维斯作过精彩的总结：“生命的秘密不在于它的化学根基……生命的成功，恰恰是因为它避开了化学规则。”

当前从资源密集型产业向以无形资产（例如软件、设计和视听产品）为主的知识经济的转型，正是向非物质稳步迈进过程中的最新动态。（并不是说物质生产减少，而是非物质制造业现在产生更多的经济价值。）达拉斯联邦储备银行主席理查德·费希尔（Richard Fisher）说：“几乎全世界的数据都表明，当消费者收入增长时，他们倾向于较少的实物开支，把更多的钱用于服务消费。一旦人们的基本需求得到满足，往往希望获得医疗服务、交通和通信、信息、休闲生活、影视娱乐、金融和法律指导，诸如此类。”价值的分离（更多价值，更少物质）是技术元素发展历程中的稳定趋势。6年间美国出口（美国制造的最有价值的物品）1美元货物的平均重量下降了50%。今天，美国出口有40%是服务（无形的），而不是制造品（原子）。我们正逐渐用无

形的设计、灵活性、创新和智能化取代刚性的沉重的原子。从非常现实的意义说，我们向以服务 and 理念为基础的经济迈进，是延续某种从宇宙大爆炸就开始的趋势。

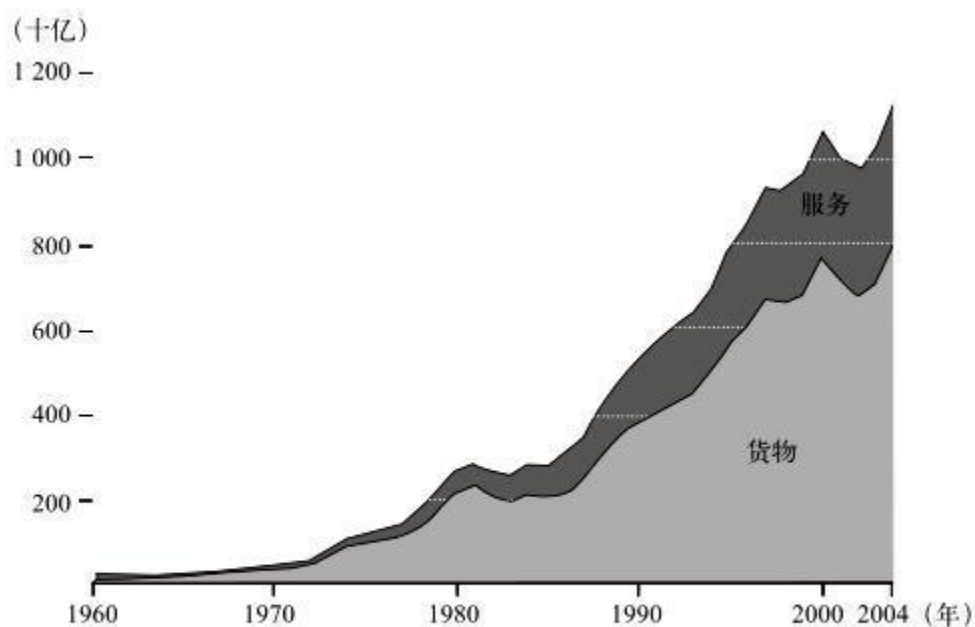


图 4-3 美国出口的非物质化。1960 年至 2004 年期间美国出口的货物和服务年度总额，单位为 10 亿美元

非物质化不是外熵扩张的唯一途径。技术元素将信息压缩为高度精简结构体的能力也是非物质的成功之处。举例来说，科学（从牛顿开始）一直能够将任何类型物体运动的大量现象抽象为十分简单的规则，例如 $F=ma$ 。同样，爱因斯坦将海量的经验观察结果简化为非常浓缩的公式 $E=mc^2$ 。每个科学理论和公式，不论是关于气候、空气动力学、行为、细胞分裂、造山运动还是数学，都是信息压缩的结果。因此，我们的图书馆——塞满同行评议、交叉索引、注解文章及同行筛选的杂志文章——是一座非物质密集的巨大矿山。但是，正如关于碳纤维技术的学术著作是无形资源的浓缩物一样，碳纤维本身也是。它们所包含的远远不只是碳。哲学家马丁·海德格尔认为，科技是内部现

实的“现身”，是它的表现形式。这种内部现实是任何制造品的非物质本性。

尽管我们认为技术元素的作用就是将器具和发明倾倒在人类的生活轨道上，但它也是宇宙释放出来的最不可测、非物质性最强的过程。事实上，它是世界上最强大的力量，尽管我们一般认为人类大脑才是（其实我们应该回想是什么在向我们灌输这种观念）。技术元素已超越大脑母体。借助有意识的反省，人类思维的威力只是略微增强，对思想的思考只会让我们的智能稍加提高。然而，技术元素可以通过使其持续变动的特性反复叠加于自身，无限增强自己的威力。新技术不断降低发明新技术的难度，而人脑则没有这种功能。借助无止境的科技膨胀过程，技术元素的非物质组织现在成为我们所处的宇宙区域中最具优势的力量。

从根本上说，科技的主导地位并非因为它诞生于人类意识，给予它这种地位的是一个同样可作为其本源的自组织，并且这个自组织还孕育出星系、行星、生命和思维。它是始于大爆炸的巨大非对称轨迹的一部分，随着时间的推移而扩展为最抽象的非物质形态。这条轨迹摆脱了古老的物质和能量规则的束缚，过程缓慢但不可逆转。

---

[1] 能量单位，1 焦耳= $10^7$  尔格。——译者注

[2] 尧，十进制单位，1尧等于10的24次方。——译者注

[3] 艾，1 艾等于10的18次方。——译者注

## 第二部分 规则

## 第五章 大发展

### 专家导读

从这一章开始，作者用5章的篇幅，叙述“技术元素”在发生、演化、交互的过程中，逐渐形成了哪些独特的属性，以及这些属性对自然界、对人类产生了何种影响。

从根本上来说，凯文·凯利是一位虔信技术进步的乐观主义者。不过他的乐观主义并非建立在对技术的盲目崇拜上，而是对技术内在秉性的深度挖掘和思考。

这一章里，凯文·凯利列举了5个方面的证据（前两个较为细致），来证明这些“技术元素”“每天都让我们相信社会在进步”。

这一章也是深入了解作者价值观和立场的重要一章。比如，通过比较全世界制造产品的种类，从英格兰国王亨利八世时期（1547年）的18000余种，到现代全球拥有数千万种物品，作者认为即便科技有负面的内容，科技的阴暗面“占技术元素的比例甚至有可能接近一半”，但技术元素带给人们更多的选择是毋庸置疑的。

凯文·凯利认为，“进步的发生与科技的产生同步”。对这一观点的疑惑，也许会消失在后续4章的阅读中。其实，更重要的内容还在后面：人们与科技相处的方式，将会发生重大的变化。

新生事物在如今的生活中是如此基本的组成部分，以至于我们忘记了在古代它多么罕见。过去大多数变化都是循环性的：人们伐林造田，接着弃田而去；军队来来往往；洪水刚退，干旱又至；甲国王退位，乙国王——或善或恶——继位。多数时候，多数人几乎没有经历过真正的变化。确实出现过很少的变化，不过要经历几个世纪。

当变化突然发生时，人们想的是逃避。如果说人们对历史变化有过预测，那也是预测它会向坏的方向演变。某个历史时期是黄金时代，当时老有所依，夜不闭户，人们怀有敬畏上帝之心。在古代，当先知预言未来时，消息通常很糟糕。近代之前，未来将会产生进步的观念从未得到广泛传播。即使现在，这种观念也远远谈不上广为接受。文化发展通常被视为例外，也许不知何时就会退回到过去的困境中。

任何关于时间带来发展的断言都被认为无视这样的现实：数十亿人的不平等、恶化的区域环境、局部战争、种族灭绝以及贫穷。任何理智的人都不能忽视不断出现的新疾病，这些疾病的罪魁祸首是我们的发明和活动，包括由解决老问题的善意尝试导致的新问题。对美好事物的持续破坏和对人的持续杀戮似乎无休无止。

但是，美好事物的涌现也是无止境的。谁能否认抗生素的功效——即使它们被滥用？还有电力、纺织品和收音机？值得拥有的事物数不胜数。尽管其中一些有缺陷，可是我们利用的是它们的优点。为了治疗当前已知的疾病，我们创造出更多新事物。

这些新的处理手段中有一些比它们试图解决的问题还要麻烦，但有证据表明，随着时间的推移，平均来说，新的解决办法创造的价值要超过新问题造成的困难。严肃的技术乐观主义者也许会争辩道，大多数文化、社会 and 科技变化基本上是积极的——每年技术元素的变化有60%（也有认为70%和80%的）让世界变得更美好。我不知道实际百分比，但我认为平衡点偏正向，比50%高，即使只是略高一点。正如扎尔曼·沙克特-夏洛米拉比 [\[1\]](#) 所说的：“世界上善多过恶——但只多一点。”但是，在复利借款中，这“一点”正是关键——对于技术元素也是如此。世界不需要像乌托邦一样完美才算是进步。我们行为的某些部分，例如战争，就是破坏性的。我们制造的东西有一大批——也许接近一半——毫无用处。可是，只要我们创造的正面事物比破坏的事

物多出1%或2%（甚至0.1%），我们就会进步。这个差值可能细微到几乎无法察觉，这也许是进步没有被普遍承认的原因。与人类社会的大量缺点相比，1%的改善似乎微不足道。然而正是这个单薄、羞怯的小差距与文化的防倒退棘轮联手推动进步。时光流逝，百分之几的“微小进步”汇聚成文明。

但是，长期来看，确实存在每年1%的改善吗？我认为有5类迹象可以证明这种趋势。其一是普通人的寿命、教育、健康和财富的持续改善。这是我们可以评估的。总体而言，人们生活的历史时期越靠近现代，他们的寿命越长，获取知识的渠道更加丰富，享有更多的工具和选择。这是平均状况。由于战争冲突短期内会损害局部地区的安乐，10年期健康和财富指数会出现波动，世界各地也不均衡。不过，长期通道（我所谓的“长期”指的是数百年，甚或数千年）呈现稳定可测的上升形态。

长期进步的第二个指示灯是我们一生中所见证的科技发展的明显正面趋势。这种连续的浪潮也许比其他信号更具说服力，每天都让我们相信社会在进步。各种设备的质量不断改进，同时价格也在下降。我们透过历史的窗户，回顾过去，意识到那时没有窗户玻璃，还缺乏机织制品、电冰箱、钢铁、照片以及仓库中堆满即将运往本地超市的货物。对这种物质丰富的状况追根溯源，我们可以沿着一条越来越狭窄的曲线回到新石器时代。古人手工艺的精巧令我们吃惊，但论数量之大、种类之多和复杂程度，现代文明使其黯然失色。证据显而易见：我们买新换旧。如果要从旧式和新式两种工具中选择，大多数人——过去和现在都是如此——会抓住新式的。有极少数人收集旧工具，但与新工具市场无法相提并论，后者如eBay一样庞大，还包括世界各地的跳蚤市场。不过，如果新工具确实没有改进，而我们不停购买，那么我们要么一直受骗上当，要么就是天生愚笨。购买新工具更说得通的理由是新产品的确物有所值，而且新产品有更多款式可供选择。



典型的美国超市出售3万种商品。每年仅在美国就有2万种崭新的包装精美的商品——例如食品、肥皂和饮料——问世，厂家希望这些产品能在拥挤的货架上占有一席之地。这些现代产品大都有条形码。发布条形码序列号的机构估计，世界各地使用中的条形码至少有3000万个。全世界的制造品种类肯定达到数千万，不确定是否过亿。

英格兰国王亨利八世1547年去世时，他的财务主管们整理了一份有关其财产的详细清单。在计算总数时，他们尤为仔细，因为亨利八世的财富也就是英格兰的财富。会计人员把他的家具、勺、丝绸、盔甲、武器、银盘以及其他财物相加，最终得出亨利国王的家产（英格兰的国家财富）为18000件物品。

我住在美国的一所大房子里，同住的有我妻子、三个孩子、弟媳和两个侄女。有一年夏天，我和小女儿廷（Ting）清点家中物品。我们手持计算器和剪贴板，走遍所有房间，在厨房碗柜、卧室壁橱和多年未打开的抽屉里翻箱倒柜。

我感兴趣的主要是估计家中物品的种类，而不是总数，因此我试着统计技术“种类”的数量。每种类型我们选一个代表记录。特有的着色（例如黄或蓝），或者表面饰品及装饰图案不作为分类依据。我只统计了书的代表类型：例如，一本平装书，一本硬皮书，一本大画册等。所有光盘和家用录像带各自记为一种种类。内容基本上不作为依据。不同材料制成的物件记为不同类型。陶制盘和玻璃盘记为两种。同一种机器制造的物品算为一类。食品柜中所有罐装食品是一类。所有壁橱是一类。大部分衣物制造工艺相同，但纤维类型不同。棉质牛仔裤和棉质衬衫记为两种类型，羊毛裤是一种，合成材料女式衬衫是一种。如果某件物品需要不同类别的制造技术，我会把它归为一种技术类型。

除了车库（那又是另外一个工程），其他房间都走遍了，我们得到的结果是家中总共有6000种物品。由于我们把某些类型又进行了拆

分，例如书本、光盘、纸板、勺、短袜等，我估计，加上车库里的，总物品数达到近1万。

我这个典型的现代家庭没有付出多么艰苦的劳动，但财物却相当于一个国王的遗产。而事实上，我们比亨利国王更富有。其实，麦当劳收入最低的汉堡师傅在很多方面的富有程度胜过亨利国王或者任何生活年代不是太过久远的顶级富豪。尽管汉堡师傅的收入几乎不够支付房租，可是他（或她）买得起亨利国王买不起的很多东西。

亨利八世国王的财富——英格兰的全部财富——买不到室内抽水马桶或者空调，也无法完成一次500公里的乘车旅行，而这是现在任何出租车司机都有财力实现的。仅仅100年前，约翰·洛克菲勒是世界上最富有的人，但其庞大资产不能为他带来手机，而现在孟买任何一个环卫工人都在使用手机。19世纪前半叶，世界上最富有的人是纳森·罗斯柴尔德，而他的数百万财产不足以买到抗生素。罗斯柴尔德死于脓疮感染，今天一剂3美元的新霉素就可以治愈。的确，亨利国王有一些漂亮的服装和一大群仆人，可是假如今天让某人像亨利国王一样生活，没有自来水管，住在黑暗漏风的房间里，因道路不畅而与世隔绝，通信联系很少，即使是有偿的，也没有人愿意。雅加达一位住在昏暗宿舍里的贫困大学生在大多数方面也要好过亨利国王。

最近，摄影家彼得·门泽尔组织了一次活动，在世界各国寻找一些家庭，让他们把全部家产堆放在身体四周，然后拍照。共有39个国家——包括尼泊尔、海地、德国、俄罗斯和秘鲁——的家庭允许门泽尔和他的代表将家中全部物品拖到街上或院子里拍照。门泽尔整理了这些照片，编成图书出版，书名为《物质世界》（Material World）。几乎每个家庭都会对自己的所有物感到骄傲，他们快乐地站在住所前面，四周是五颜六色的家具、罐子、衣服和小玩意儿。其中单个家庭拥有的物品平均数量为127件。

关于这些不同的财产照片，有一件事我们可以确定，还有一件不能确定。可以确定的是，20世纪居住在这些地区的家庭拥有的物品数大大少于127件。今天即使最贫穷国家的家庭所拥有的也要多于两个世纪前最富有国家的家庭。在殖民地时期的美洲，当房屋所有者死亡时，官员通常会清点其遗产。从那时起，历史上典型的已故房屋所有者财产清单所统计的全部财物为40件，也许是50件，通常少于75件。

不能确定的是：如果我们拿出两张主人和财产的合影，一张是危地马拉的一个家庭，身边堆放着饭锅和织布机，其他的物件不多；另一张是冰岛的一个家庭，身边是洗衣机、烘干机、大提琴、钢琴、3辆自行车、马以及其他1000件物品，我们无法分辨出哪个家庭更加快乐。是拥有各类财物的一家人，还是那个穷困的家庭？

过去30年间，常见的睿智观点是，一旦某人达到最低生活标准，更多的钱不会产生更多的快乐。如果生活在某个收入水平以下，财富增加会带来不同感受，但在那之后，钱买不到快乐。这是理查德·伊斯特林1974年进行的现代与传统对照研究的结论。不过，最近来自宾夕法尼亚大学沃顿商学院的研究表明，在世界范围内，富裕能够增加满足感。收入更高的人的确更快乐，平均而言高收入国家的公民往往更加满意。

对于这一最新研究成果——它也符合我们的直觉印象，我的解释是金钱带来的是更多选择，而不只是更多物质（尽管更多物质也是结果）。我们不会因为更多器具和阅历而快乐，让我们真正感到快乐的是能控制时间和工作，有机会享受真正的休闲，逃离战争、贫困和腐败导致的不确定性，以及抓住时机追求个人自由——这一切都伴随财富增长而发生。

我去过世界上很多地方，最贫穷和最富裕的地区，最古老和最现代的城市，节奏最快和最慢的文化，我的观察结果是，如果有机会，走路的人会买自行车，骑自行车的人会买电动自行车，骑电动自行车

的人会升级至驾驶小汽车，而汽车一族则梦想坐上飞机。各地农场主卖掉牛犁，买入拖拉机，还有葫芦碗换锡碗，凉鞋变草鞋。总是如此。少数不重要的物件有时重新出现。如果严格审视，诸如著名的阿米什人这样的例外并不是绝对例外，因为他们的团体也采用精心挑选的技术，而不是躲避。

科技的这种单向吸引力要么是魔法般的诱惑，引诱头脑简单的人进行某种消费，而这种消费不是他们真正想要的，要么是我们无法推翻的暴政。或者，科技会提供十分称心的、间接引发更大满足感的事物。（也许这3种可能性都存在。）

科技的阴暗面不能避而不谈。它占技术元素的比例甚至有可能接近一半。在我的房子里，隐藏在1万种耀眼的高科技产品背后的是偏远的危险矿山，它们不断被开采以获取珍贵的稀土元素，散发出含重金属的有毒气体。为了让我的电脑有电可用，需要建设大坝。木材被送去制作书架，树桩被留在丛林里。还需要长长的汽车队伍和道路，以运输和销售我家购买的和商店储存的一切商品。每一个小发明都来自地球、空气、阳光和其他的工具。我们统计的1万种物品只是一棵深深扎根的参天大树的顶部。也许幕后需要10万种实实在在的工具才能把自然元素转化为我家的1万种成品。

但是，技术元素一直在增加其核心的透明度，制造出更多摄像机眼睛、通信神经元和追踪技术，用以揭示它的复杂过程。如果我们留意各种技术的真正成本，就会有更多选择可供研究。这些通信和监控系统可以给不加掩饰的消费主义降温吗？有可能。技术元素的实际代价及其与现实生活的平衡显而易见，高度透明，不过，这不会减缓它的发展。人们认识到它的负面作用，可以通过从非必需消费那里分流资源，使之转向等级更高的有意义的发展方向，这样甚至可能会优化科技的进化过程，加速它的发展。

第三个表明存在稳定的、细微的长期进步的证据与道德领域有关。在这个领域，评估标准很少，而反对声音很大。一直以来，我们的法律、习俗和道德伦理在缓慢扩大人类的共识。普遍而言，人类的自我认同最早主要来自家庭。家族成员是“我们”。这一宣告将亲人之外的任何人定位为“其他人”。对于“我们”圈内和圈外的人，过去我们有（现在仍然有）不同的行为准则。渐渐地，“我们”这个圈子从家庭成员扩展到部落成员，接着从部落到民族。现在这种扩展超越了民族，还未结束，甚至也许会包括种族，不久将穿越物种界限。越来越多的人相信其他灵长类动物应该像人类一样拥有权利。如果道德伦理的金科玉律是“对待他人就像你希望他人对待你一样”，那么我们正在不断扩展“他人”的概念。这就是道德进步的证据。

第四个证据不能证明进步这一事实，但能够提供强有力的支持。一大批数量仍在不断增加的科学文献让大众注意到生命40亿年的漫长历程——从极为简单的有机组织发展到极其复杂的社会动物。我们文化的变迁可以被视为40亿年前开始的进步过程的延续，我将在下一章深入探讨这个关键性的类比。

第五个证据是大规模城市化。1000年前，只有很小比例的人住在城市中，现在有50%。人们为了“更加美好的明天”而迁入城市，这里充满选择和机会。每周有100万人从乡村搬迁到城市，这段旅程的空间距离小于时间距离。这些移民事实上前进了数百年，从中世纪的乡村移居到随意扩展的21世纪城市地区。贫民窟的悲惨生活被公之于众，但不能阻挡人们的到来。就像所有人一样，满怀希望的人持续涌入，追逐更大的自由和更多的选择机会。我们住在城市和郊区的理由和移民相同，都是为了从更多选择中获得边际收益。

总是有人选择回归原始状态。实际上，回到过去从来不是易事。发展中国家的城市居民只能乘坐公共汽车回到他们的山村，在那里他们生活在古老的传统和有限的选择中。他们不会饿肚子。在相似的选

择精神感召下，如果你相信新石器时代就达到了生命的顶峰，可以在亚马孙丛林中选择一块空地暂住。如果你相信19世纪90年代就是黄金时代，可以去阿米什人那里觅得一片农田。我们有大量重访过去的机会，可是很少有人真正希望生活在过去。相反，在世界任何一个角落，任何历史时期，任何文化中，数以十亿计的人都尽可能快地涌入“选择略多”的未来生活。他们向城市移民，用脚选择进步。

城市是科技的产物，是我们发明的最大科技产品。它的影响与城市居民数量不相称。如图5-1所示，大部分有记录的历史时期，居住在城市的居民平均比例为1%或2%。可是我们提到“文化”时所想到的几乎所有事物都诞生于城市。（城市和文明这两个英语单词具有同样的词根。）但是今天作为技术元素特色产物的大规模城市化是非常新鲜的现象。像其他大多数描述技术元素的图表一样，图5-1中两个世纪之前没有太多变化。然后人口猛增，创新飞速涌现，信息爆炸，自由增加，城市成为主宰。

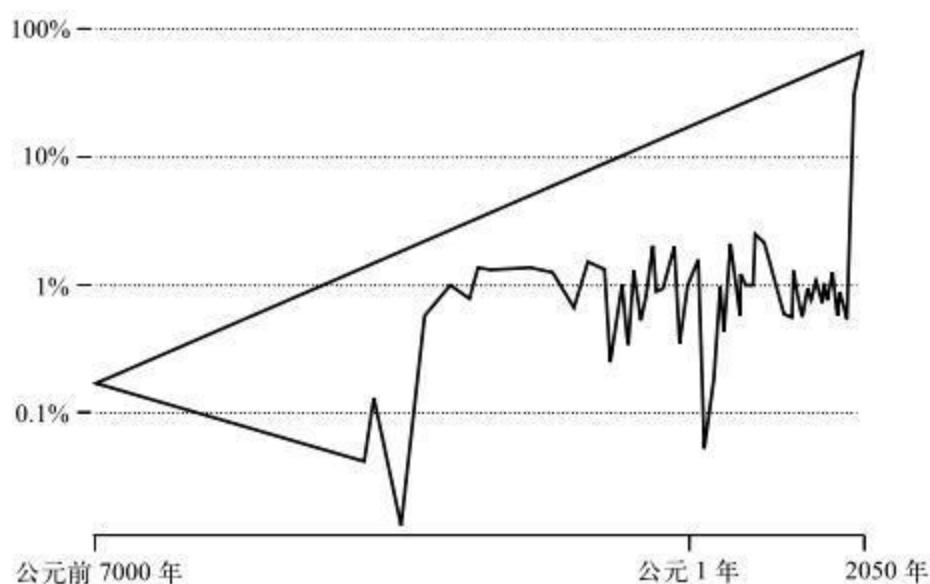


图 5-1 全球城市人口。全球城市居民占总人口百分比，从公元前 7000 年到现在，包括 2050 年的预期比例。百分比用对数标尺显示

大发展（加了个大字）带来的一切希望、悖论和折中，都在城市中体现。事实上，我们一般可以通过观察城市状况来观察科技进步的概念和真实性。城市也许是创新的发动机，但不是所有人都认为它是美丽的，特别是今天的特大城市，它们随处扩张，对能源、物资和关注度贪得无厌。它们就像吞噬自然资源的机器，很多人担心自己是否也会遭此厄运。城市复活了我们对技术元素的持久忧虑，比工具导致的紧张心理尤甚：我们购买最新发明，是因为需要，还是因为被迫？近期的大规模城市移民是自愿选择还是必要行为？人们被城市里的机会吸引，还是被绝望情绪推动？为什么除了那些被逼无奈的人，还有人愿意选择离开家乡，栖身于城市贫民窟中臭气烘烘、四处漏风的小屋？

嗯，每一个美丽的城市都是从贫民窟发展起来的。开始它是季节性宿营地，是人们常见的随遇而安的结果。物质匮乏、污秽不堪是常态。这里是猎人、探路者、生意人和拓荒者过夜的好住处。接下来，如果他们认为这块营地合乎心意，就会将它扩展为凌乱的村庄、令人不适的城堡，或者阴冷的官方前哨站，建有永久性楼房，四周是临时小屋。如果村庄位置有利于发展，私自圈地的人会聚集起来，他们的房屋呈同心圆式分布，直到这个村庄跌跌撞撞地成长为城镇。随着城市的繁荣，市中心——或者用于市政事务或者用于宗教事务——得以建立，城市边缘则继续在无计划无管理的混乱中扩张。这个过程在什么年代和什么国家发生，无关紧要。城市的大片边缘地区会让固定居民感到震惊和担忧。对新来者的持久蔑视自第一个城市建成时就出现了。罗马人对城市边缘的租屋、窝棚和小屋多有抱怨，认为它们“臭气熏天，湿漉漉，松松垮垮”。有时罗马士兵会将擅自占地者的定居点夷为平地，只为了看到它们几个星期内被重建或者搬走。

巴比伦、伦敦和纽约都有大片不受欢迎的定居者组成的贫民区，他们搭建卫生状况糟糕的劣质住所，从事危险的买卖。历史学家布罗尼斯瓦夫·盖雷梅克描述道：“贫民窟构成中世纪巴黎的一大城市风

景。”甚至到了18世纪80年代，巴黎发展到鼎盛时期，近20%的居民仍然没有“固定住所”，也就是说，他们住在窝棚里。中世纪一位先生对当时的法国城市进行了一番抱怨，听来耳熟：“好几个家庭共住一所房子。纺织工的家庭也许挤在一间屋子里，围着火炉缩成一团。”这种压抑的生活在整个历史上屡见不鲜。一个世纪前，曼哈顿是2万名自建住房的擅自占地者的家园。19世纪80年代，布鲁克林（在使用从木材厂偷来的木板后如此命名）的斯莱布城一地在高峰时有1万居民住在贫民窟。据1858年《纽约时报》报道，纽约贫民窟中“90%的简易房只有1个房间，平均面积不超过12平方英尺，满足住家一切需求”。

旧金山是擅自占地者修建的。根据罗布·诺伊维尔特在他那本很有启发性的著作《影子城市》（Shadow Cities）中的描述，1855年一项调查估计“（旧金山）95%的房产所有人不具备真实合法的土地所有权”。擅自占地者随处可见，湿地、沙丘和军事基地都有他们的身影。一名目击者说：“今天这里有一块空地，第二天上面就搭起了6个帐篷和棚屋。”费城主要居民是当地报纸所谓的“占地定居者”。1940年，上海1/5的市民是擅自占地者。这100万占地者留下来，不断扩展改善他们的贫民窟，在一代人的时间里这个陋屋小城变身为第一批21世纪城市中的一员。

这就是城市化发挥作用的方式。所有科技产生效果的过程是：新发明开始是无价值的样品，经过改进后，勉强有效。贫民窟中交叉纵横的住所随时间流逝而不断改善，基础设施得到扩展，临时性公共机构最终转变为官方机构。曾经是穷人栖息地的所在，经历数代人后，成为富人的家园。贫民窟的传播是城市所为，贫民窟的生活是城市的发展过程，几乎所有现代城市的大多数街区以前都是贫民窟。今天由擅自占地者建造的城市将成为明天的高贵城区，这一现象正发生在今日的里约热内卢和孟买。



过去的贫民窟和今天的贫民窟给人相同的印象，第一印象都是污物横流，过度拥挤。1000年前的贫民窟和今天的贫民窟，住屋随意搭建，残破不堪，臭气熏天。可是也存在生机勃勃的经济活动。每个贫民窟都有餐馆和酒吧，大部分有可租房或者出租床位。还有动物、新鲜牛奶、百货商店、理发店、诊所、修理铺和提供“保护”的带武器的强壮男子。擅自占地者建造的城市是——并且一直是——影子城市，是官方许可之外的平行世界，但终归是城市。

与任何城市一样，贫民窟是个高效运转的场所——甚至也许高于城市官方机构，因为没有可供浪费的资源。拾荒者、分销商和清洁工都住在贫民窟，他们走遍城市的其他区域，寻找废弃品作为住所材料和生活资料。贫民窟是城市的皮肤，是它的开放性边缘，随城市发展而膨胀。作为整体的城市是令人惊叹的科技发明，它汇聚能量流和观念，密度与计算机芯片相似。在相对小的区域内，城市不仅用最小空间提供生活区和工作区，而且还是理念和发明的最大来源地。

斯图尔特·布兰德在其著作《地球新规》（Whole Earth Discipline）的“城市星球”一章中评论道：“城市是财富创造者，一直都是。”他引用宣称世界40个最大城市居住着地球上18%人口的城市理论学家理查德·佛罗里达的话：“（城市）拥有全球2/3的经济产出和近9/10的新专利发明。”一位加拿大人口统计学家估算出“80%~90%的国民生产总值增长发生在城市”。每座城市破旧的新区——被非法占用的土地和露营场所——经常是生产力最强的市民之家。迈克·戴维斯在《布满贫民窟的星球》（Planet of Slums）一书中指出：“印度马路居民的传统形象是刚从乡村迁入的贫苦农民，像寄生虫似的乞讨生存。可是对孟买的研究表明，几乎所有（97%）家庭都有至少一名养家糊口者，70%在城市至少居住了6年。”贫民窟居民通常在邻近高房租街区从事低报酬的服务工作。他们有钱，但住在贫民区，因为离工作地点近。一份联合国报告发现住在曼谷老贫民窟的家庭平均拥有1.6台电视机、1.5部手机和1台冰箱；2/3的家庭有洗衣机和CD播放机；一半家

庭有1部固定电话、1台录像机和1台小摩托车。在里约热内卢的贫民区，第一代擅自占地者识字率仅为5%，而他们的后代有94%具备读写能力。

取得这样的进步是要付出代价的。尽管城市生机勃勃、充满活力，但边缘地带可能令人不适。要进入贫民窟，必须在满是狗屎的小路上穿行。粪便在路边腐臭，小便在阴沟里流动，垃圾成堆。我多次到过发展中国家杂乱无章的陋屋区，没有丝毫乐趣，对那里的居民来说更是如此，他们每天都必须忍受这种环境。与外围的污染和丑陋形成对比的是，贫民窟住屋内部经常呈现出人意的温馨。回收利用的材料挂在墙上，色彩缤纷，小饰品被收集起来布置舒适的空间。当然，一间屋子所容纳的人远比你能够想象到的多，可是对很多人而言，贫民窟这个家园提供的慰藉超过山村小屋。偷电使用也许不稳定，但至少有点电。去唯一的自来水龙头也许路程不短，但在家乡，从房子到水井可能更远。药品很贵，但可以买到。还有学校，老师会按时来上课。

这不是乌托邦。下雨时，贫民窟变成泥沼城市。无止境的贿赂令人沮丧。陋屋居民感觉自己的住所地位低下，这是令人难堪的时刻。

《极大之城：失而复得的孟买》（Maximum City）的作者苏克图·梅塔问道：“为什么有人要离开在东部乡村的砖房，离开门前栽着两棵芒果树、可以看见小山丘的老家，到这里生活？”他接着回答：“为了某天大儿子能够在这个城市北部边缘的米拉路买到两间屋子，也为了小儿子可以更上层楼，移居到新泽西。不舒适的生活是一种投资。”

梅塔继续写道：“对于印度乡村的年轻人，孟买的吸引力不只是金钱，还有自由。”斯图尔特·布兰德记录了社会活动家卡维塔·拉姆达斯关于城市魔力的总结：“在农村，妇女所要做的就是服从她的丈夫和亲属、捣碎小米以及唱歌。如果她搬迁到城市，可以找到工作，开始自己的事业，为孩子们提供教育。”阿拉伯半岛的贝都因人曾经似乎是世

世界上最自由的民族，在广袤的空域沙漠随意游荡，以星空为帐篷，不受人控制。但是他们很快放弃游牧生活，前往海湾国家迅速膨胀的贫民区，一头钻入单调的由混凝土筑成的住所。根据多诺万·韦伯斯特在《国家地理》杂志中的报道，贝都因人将骆驼和山羊关进古老村庄的畜舍里，因为他们依然保留牧民生活带来的收入，这样的生活对他们仍具有吸引力。贝都因人受到诱惑进入城市，而不是被迫，按照他们自己的说法，是因为：“我们随时可以进入沙漠，感受传统生活。但这种（新的）生活比传统的更好。过去没有医疗卫生，孩子们没有学校。”一位80岁的贝都因老首领比我总结得好：“孩子们的未来将有更多选择。”

移民不是必须要来。可是数百万的移民仍然从乡村、沙漠或者灌木林地涌来。如果问他们来城市的原因，答案几乎总是与贝都因人和孟买贫民窟居民的相同。他们为机会而来。他们本可以待在家乡，就像阿米什人选择的那样。青年男女本可以留守农村，按照惬意的农业节奏生活，继承小地方的手艺，这些是他们的父母经历过的。季节性的干旱和洪涝年年发生。乡村田园难以置信地美丽，家庭和族群的热情支持，这些是永恒不变的。同样的工具仍在使用，同样的习俗传递同样的美好事物。季节性劳作、大量闲暇时光、紧密的家庭纽带、令人安心的团结以及能获得回报的体力劳动带来巨大的满足感，总是让我们心驰神往。如果所有条件都相同，谁愿意离开希腊的岛屿、喜马拉雅的山村或者中国南部葱翠的田园？

但选择权不同等。世界上越来越多的人有电视机和收音机，去城市看电影，他们知道什么是适合自己的。城市给他们的自由让家乡看上去像监狱。于是他们选择——完全自愿、非常热切——涌入城市。

有人争论道，他们无可选择。这种观点认为，进入贫民窟的人是被迫压制欲望而移居到城市的，因为他们的家乡不再能够支持农民。他们是非自愿离开的。也许经历了几代人卖咖啡的生活之后，他们发

现全球市场已今非昔比，他们的咖啡价格跌到毫无利润可言，使得他们要么回去以耕作为生，要么挤上开往城市的公共汽车。或者也许科技发展——例如采矿——正在污染他们的农田，使地下水位降低，最后引发大批人员迁离。此外，牵引机车、冷藏技术和公路技术的进步可以将货物运输到最远的地区，导致农民数量下降，即使在发达国家也是如此。为获取建房所用木材而进行大规模森林砍伐，或者开垦土地建设新农场、为城市提供食物，也迫使本土居民放弃他们的自然家园和传统生活方式。

的确，没有什么像看到原住民部落——例如亚马孙盆地、婆罗洲或者巴布亚新几内亚丛林中的部落——挥舞链锯砍伐自己的森林那样令人沮丧的事了。当森林家园被推倒后，他们被迫开始宿营，接着是小镇，最后进入城市。一旦进入营地，渔猎采集技能无用武之地，只能选择周围唯一的付费工作——砍倒邻居的森林，这将产生一种奇怪的意义。砍光原始森林被认为是文化领域的愚蠢行径，有几个理由，最主要的是因家园被毁而遭驱逐的部落居民无法返回。经历1~2代的流浪生活就会使他们丧失关键的生存技能，这会阻止后代回归故里，即使他们的家乡将被赋予新的活力。他们的离去是一场非自愿的单程旅行。同样，美洲白人定居者对原住民部落的卑劣行为确实迫使后者迁入保留地，接受不急于使用的新技术。

然而，砍光森林从科技角度说没有必然性。任何类型的毁坏家园行为都是可悲的，是技术含量极低的愚蠢行径，而且并不是大多数移民现象的根源。与闪烁的交通信号灯的光柱引力相比，采伐森林只是次要的推动力，前者在过去60年间促使25亿人进入城市。今天，与过去一样，大多数城市移民运动——每10年数亿人——的主流是这样一批定居者，他们愿意忍受生活不方便、环境污浊的代价住在贫民窟中，只为获得机会和自由。穷人移居城市的理由与富人跨入未来科技时代的理由相同，都是追逐机会和更多的自由。

在《进步的悖论》（The Progress Paradox）一书中，格雷戈·伊斯特布鲁克写道：“如果你拿着铅笔和方格纸坐下，绘制美国和欧洲自‘二战’结束以来的生活发展趋势图，你要标出很多点并将它们连接起来。”雷·库兹韦尔收集了一车库的图表，这些图表描绘了很多（如果不是大多数）科技领域的急速上升趋势。所有关于科技发展的图表都是从低值域开始，几百年前经历细小变化，在过去的100年间开始向上弯曲，最后的50年一飞冲天。

上述图表给我们一种感觉，即在我们的有生之年科技也在加速变化。新事物眨眼间出现（与早期相比），新变化之间的间隔似乎越来越短。在我们迈向未来的过程中，科技越来越先进，价格越来越低廉，速度越来越快，重量越来越轻，操作越来越简单，更加普遍，更加强大。而且不只是科技在变化。人类寿命延长，婴儿死亡率下降，甚至连平均智商每年也在缓慢上升。

如果这一切是真的，那么很久以前又是什么情况？没有很多证据表明许久之前存在进步，至少按照我们现在对进步的设想来看是如此。500年前，每隔18个月，科技水平不能提高1倍，价格也不会减半。水车的价格没有逐年下降。10年内锤子的使用依然不方便。铁的强度保持不变。谷物收成随季节气候变化，而不是逐年增加。12个月内牛轭并没有改进多少。成年人和儿童的预期寿命几乎与父辈相同。战争、饥荒、暴风雨和奇妙事件来了又去，可是不曾出现朝着任一方向的稳定运动。总之，看起来有变化，但无进步。

一个关于人类进化的常见误解是，历史上的部落和现代智人的史前氏族达到了平等、公正、自由、自主、和谐的社会水平，自那以后情况江河日下。这种观点认为，人类制造工具（和武器）的偏好只是引来麻烦。新发明释放出新力量，人们可能汇聚这种力量，任意挥霍，或者使之弱化，于是文明的历史成为长期退化的历史。按照这种论述，人类本性是固定不变的，不屈从于外界。如果这是正确的，那

么改变人类本性的尝试只会导致邪恶的产生。因此在这种观点看来，新科技通常会腐蚀人类固有的神圣品性，只有依靠严格的道德警觉将科技限制在最小状态，才能予以控制。因此，创造新事物的强烈倾向是一种物种层面的嗜好，也是自毁性的愚蠢行为，我们必须时刻警惕不要受它的魔咒摆布。

事实恰好相反。人类本性是可塑的。我们通过思维改变自己的价值、预期和自我认知。从类猿人时期开始我们就在改变本性，而一旦发生改变，我们将继续深入地改造自己。我们的发明，例如语言、文字、法律和科学，推动了新的进步，这种进步作为现代社会的基础，如此根深蒂固，以至于我们现在天真地以为过去也能看到类似的事物。可是我们现在认为“文明的”甚至“人道的”事物，有许多是很久以前所没有的。早期社会并不是一派和平景象，而是战争肆虐。部落社会中导致成人死亡最常见的原因之一是被宣布为女巫或邪灵，这些迷信的指控不需要任何理性的证据。氏族内部违法的致命暴行是常见行为，公正——我们定义的公正——只针对亲近的部落居民。性别间普遍存在的不平等和强壮者的身体优势形成一种奖惩制度，很少有现代人会愿意接受这种制度的判决。

但是，所有这些价值观适用于第一代人类群体。早期族群的适应能力和韧性不可思议。他们制造艺术品，感受爱情，表达思想。他们非常成功地适应了生活环境，因为他们的社会准则是成功的，即使这些准则在我们看来不堪忍受。如果这些原始社团不得不依赖现代的公正、和谐、教育和平等理念，他们也许会灭亡。然而所有社会——包括今天的原住民文化——都在进化并且适应环境。他们的进步也许无法感知，但的确存在。

17世纪之前的几乎所有文化都把当时不引人注目的渐进式发展归功于天神，或者说唯一的造物主。直到人们不再把社会进步视为神迹，而归功于人类自己，进步的正向循环才开始出现。卫生设施让我

们更加健康，因此可以更长时间地工作。农具使我们可以用更少的劳动换取更多的食物。小器具使我们的家更适合成为新想法的实验室。发明越多，生活越好。这里存在一个紧密相连的反馈环：知识增多，有助于我们发现和制造更多工具，这些工具帮助我们发现和学习更多知识，而工具和知识共同让我们的生活更加轻松，寿命更长。知识、安逸生活和选择——以及幸福感——的总体增加被称为进步。

进步的发生与科技的产生同步。但又是什么推动科技？人类文明走过的岁月如果没有数万年，至少也有数千年，在这期间人类不断学习，把信息一代代传递下去。可是，没有进步。无疑，人们偶尔能发现新事物并慢慢传播，或者在独立条件下重新发现该事物，但是，任何进步——过去也许需要几个世纪才可以对此作出评价——都是非常细微的。事实上，1650年的普通农民的生活和公元前1650年甚至公元前3650年的普通农民几乎没有区别。在某些流域（例如埃及尼罗河流域、中国长江流域）以及特定时期的特定地区（古希腊和文艺复兴时期的意大利），城市居民的命运强于同期历史平均水平，只是在朝代灭亡或者气候变迁时才会转坏。300年前，不同时期不同地域的普通人生活水平几乎完全相同：人们长期忍饥挨饿，寿命不长，选择有限，为了繁衍生息而极度依赖传统。

这种慢节奏的生命循环进行了数千年，突然，嘣！复杂的工业技术出现了，一切开始飞速前进。是什么首先引发了这场爆炸？人类进步的起源是什么？

古代世界——特别是它的城市——从很多绝妙发明中受益。各个社会慢慢地积累了一些非凡成果，包括拱桥、沟渠、钢刀、吊桥、水车、纸、植物染料等等。这些创新都是以试错的形式实现的。某些成果可能需要几个世纪才能传播到其他国家。这种几近随机的进步方式被科学这项工具改变了。通过系统地记录观念的论据，研究事物发生作用的成因，并且谨慎传播已证实的创新，科学很快成为世界前所未

见的最伟大的新事物制造工具。对于一种文化而言，科学的确是更加出色的学习方法。

科学有助于快速产生很多发明，一旦它降临世间，人们就拥有了优良工具推动自己飞速前进。这就是大约从17世纪开始西方所经历的事情。科学像投石机一样将社会抛入快速学习的轨道。到18世纪，科学引发了工业革命，城市在扩张过程中取得显著成就，人们的寿命增加，文化水平提高，新发明的速度加快。

但是有一个疑问。科学方法的必需要素是概念性的，技术性相当低，它被用于记录、分类以及通过试验检测理论的论据和时间。为什么希腊人和埃及人没有想到？今天一位时间旅行者可以回到那个时期，在古代亚历山大或者雅典传授科学方法，困难不大。但那时的人们会接受吗？

也许不会。对个人来说科学是有代价的。如果主要是寻找改善目前境况的更好工具，那么与人分享成果带来的只是边际收益。因此，对于个人，科学的收益既不明显，又不会马上显现。科学需要一定密度的空闲人口，他们愿意为了光明的未来而共同面对失败，承担失败的代价。这种空闲的产生来自前科学时期的发明，例如犁、磨坊、畜力驯养和其他为大量人口带来稳定的食物盈余的技术。换句话说，科学需要繁荣和人口。

没有科学技术的主导，不断增长的人口遇到“马尔萨斯制约”时将自行崩溃。而引入科学作为指导，不断增长的人口将产生正反馈环，其过程为：更多的人参与科技创新，购买成果，推动更多创新，这会提高人们的营养水平，带来更多盈余，增加人口，从而使循环扩大。

正如发动机控制燃料燃烧、将内部激增的能量用于驱动机器一样，科学控制人口增长，将它引发的爆炸性能量用于推动社会繁荣。人口增长，社会也随之进步，反之亦然。两种发展显示出紧密联系。



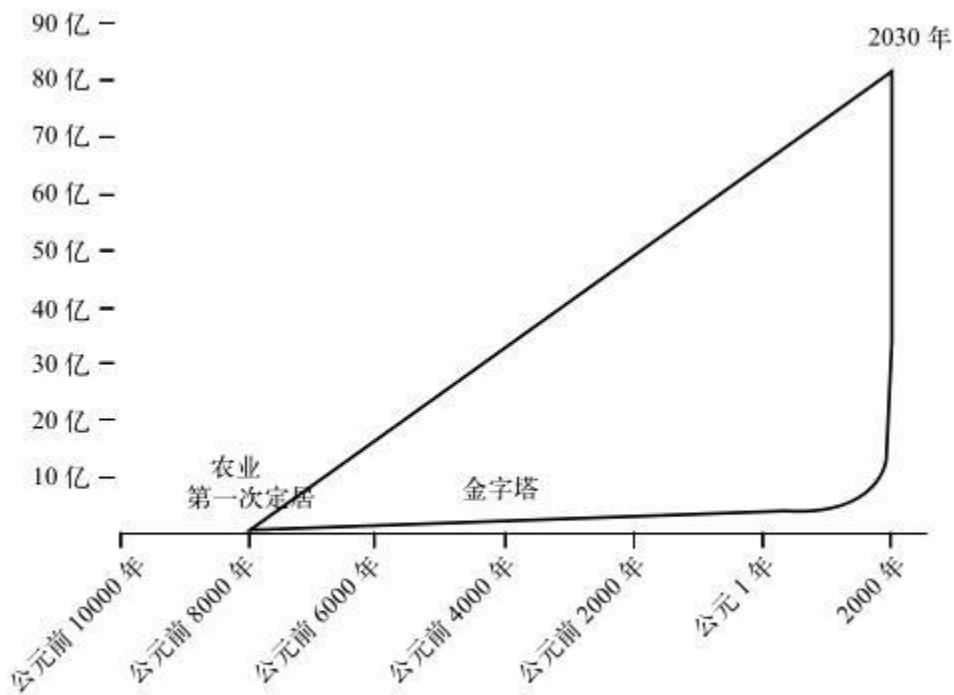


图 5-2 文明世界的人口。一张典型曲线图，显示过去 12 000 年期间的世界人口，包括未来 30 年的短期预测

现代社会人口增加同时生活水准下降的例子有很多，目前非洲部分地区就在发生这样的现象。另一方面，纵观历史，很少见到人口减少推动长期的财富增长，相反，几乎总是伴随着财富下降。即使在黑死病造成人口大幅减少的时期，当一个地区30%的人口死亡时，生活水准也没有出现相应变动。在欧洲和中国很多人口过多的农业地区，当竞争减少时，繁荣程度上升，但是商人和上等阶层的生活质量明显下降。这个时期存在生活水平的再分配，但没有净增长。黑死病的例子表明，人口增长是社会进步的必要而非充分条件。

显然，进步的根基深植于科学和技术的结构化知识。不过这种正向发展似乎还需要大规模增加人口。历史学家尼尔·弗格森相信，就全球范围而言，社会进步的根源就在于人口增长。根据这个理论，为了使人口增长超越马尔萨斯制约，我们需要科学，但最终驱动科学并导致繁荣的是人口数量的增加。在这个良性循环中，人类经过思考创造

更多发明，相应地也购买这些发明，包括工具、技术和方法，这又支撑了更多人的生存。因此，更多的人类思想等于更多的进步。经济学家朱利安·西蒙（Julian Simon）把人类意识称为“最大的资源”。按照他的统计，更多的思想是深层次进步的主要源泉。

不管是作为主要成因，还是仅仅作为一个因素，人口增长在两个方面有助于社会进步。其一，100万人的大脑思考一个问题强过1个人的大脑。单个人也许能想到解决之策，但更有可能的是100万人当中的某人找出解决办法。其二，也是更重要的，科学是集体行为，共享知识带来的灵光一现经常优于100万个单独的大脑。个体的科学基因是个谜。科学既是个人也是集体认识世界的方法。一种文化的集体力量越大，科学就越能发挥作用。

人口以相似的方式对经济产生作用。我们目前的经济财富很大一部分要归功于人口增长。过去几个世纪美国人口稳定增加，确保了稳步扩张的创新市场。同时，世界人口数量也在上升，保证了全球经济增长。数十亿农民从自给自足的生活转入市场经济，导致全世界物资供应增加，需求也在膨胀。不过如果世界市场或者美国市场逐年萎缩，试着想象过去两个世纪是否会出现同样的财富增长。

如果人口增加引发社会进步加速是真实情况，那么我们应该担忧。你也许看过联合国的人口峰值官方图，其数据来源是我们从当前全球人口普查中掌握的信息。过去10年间，每个版本估计的地球人口峰值不断变化（向下），但是末端形状不变。联合国绘制的未来40年左右的典型曲线图如图5-3所示。

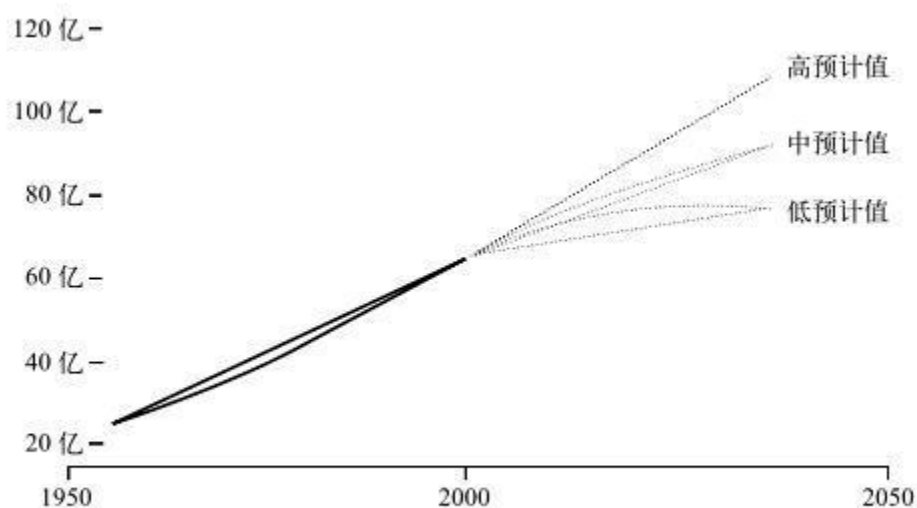


图 5-3 世界人口预测。联合国 2002~2050 年世界人口预测，2002 年绘制

这种预测提出了一个有助于理解科技进步根源的问题，即曲线图总是在2050年处终止，那是最高点。它不敢预测峰值以后的情况。那么人口达到顶点后会发生什么？向下，水平浮动，还是再次上升？为什么曲线图从不显示之后的预测？大多数制图者完全忽视了这个问题，而且从不认错。只显示一半曲线的现象非常普遍，时间太长，以至于另一半无人问津。

我找到的对2050年左右人口峰值之后的可靠预测的唯一来源是联合国发布的2300年——也就是未来300年——世界人口状况系列报告。

记住，世界范围内生育率低于人口更替水平，即平均每名妇女生育2.1个孩子，意味着全球人口的长期减少，或者说人口负增长。联合国的乐观预测认为平均生育率将保持在1995年的水平，也就是每名妇女生育2.35个孩子。我们已经知道这个预测与实际不符。全世界100多个国家中只有几个保持那么高的生育率。谨慎的预测认为未来100年平均生育率将低于2.1的人口更替水平，之后200年内因为某种原因重新回到更替水平。报告暗示，发达国家的生育率完全不可能提高。悲观的预测数字是1.85。今天欧洲所有国家都低于2.0，日本为1.34。即使

是“悲观”预测认定的今后200年的生育率，也高于大多数发达国家的当前水平。

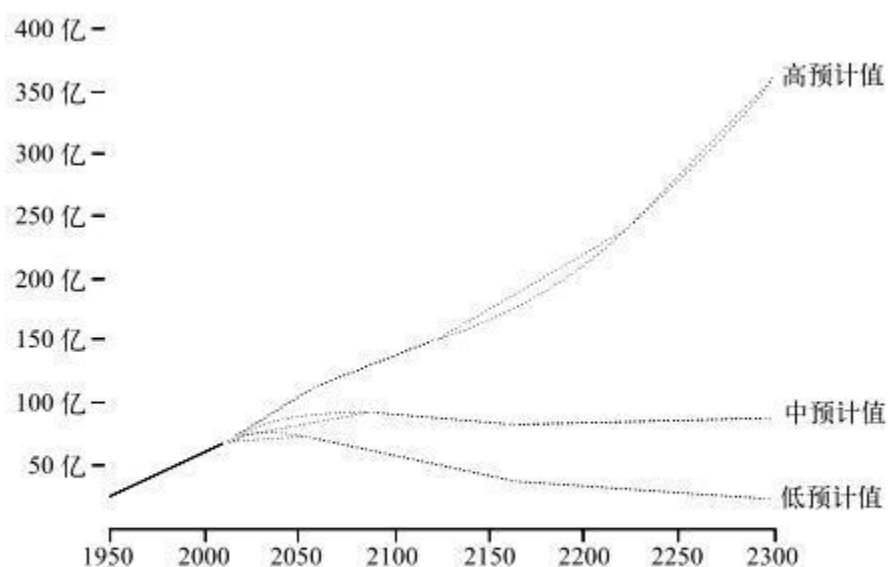


图 5-4 世界人口长期变动范围预测。联合国对未来 300 年世界人口前景的 3 种预计（高、中、低），2000~2300 年

发生了什么事？国家发展了，生育率下降了，每个正在现代化的国家都经历了这个过程。这种普遍的生育率下降被称为“人口转型”。问题在于人口转型没有底线。在发达国家，生育率持续下降。一降再降。看看欧洲和日本（见图5-5），它们的生育率趋近于零。（不是零增长，多年前它们已经达到了零增长，而是零生育。）事实上，多数国家——甚至包括发展中国家，生育率都在下降。世界上有近半数国家的生育率已经低于人口更替水平。

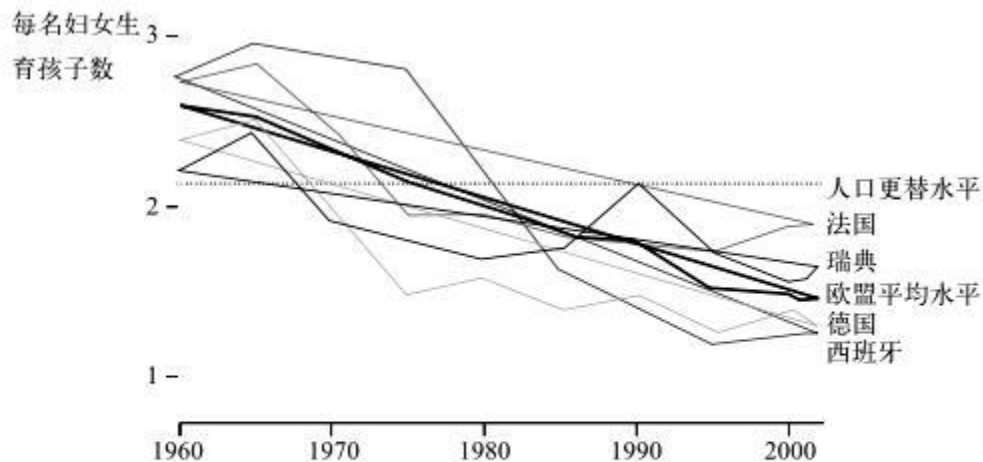


图 5-5 欧洲近期生育率。点线是人口更替水平，这是一个群体可以实现人口自我更替的最低生育率

换句话说，人口增加导致财富增长后，生育率下降，人口减少。这也许是严格控制指数级发展速度的动态平衡反馈机制。也有可能是错误的。

联合国对2300年的前景描绘是可怕的，但是这组300年预测报告的问题是可怕程度还不够。专家推测，即使是最悲观的前景，生育率也不可能低于欧洲和日本这些地区的低生育率。为什么他们这样推测？因为此前从未发生过。可是，这样的繁荣水平自然也从未出现过。迄今为止，所有证据表明，财富增长会降低生育率。如果全球生育率持续降低，发达国家达到每名妇女生育2.1个孩子的更替水平以下，发展中国家达到2.3以下，会出现什么情况？更替水平仅仅是维持零增长，也就是保证人口不减少所必需的。2.1的平均生育率意味着很大一部分妇女为了抵消无子女和只有1~2个孩子的妇女造成的损失，不得不养育4个或5个子女。怎样的反文化力量能够促使10亿以上受过教育的现代职业女性生育3个、4个或者5个孩子？你的朋友当中有多少人育有4个或者3个孩子？从长远来看，“多生多育”的措施发挥不了作用。

注意，即使长期的全球生育率只比人口更替水平略低，比如1.9，最终也将不可避免地导致世界人口数变为零，因为每年出生的婴儿越来越少。不过我们不必担心人口归零。在人类数量还远未降至零时，门诺教和摩门教将用他们的高生育率和大家族拯救人类。问题是，如果财富增长取决于人口增加，那么连续几个世纪人口缓慢减少时，深层次的科技进步将如何实现？

下面是5种预测前景，分别包含5种关于进步属性的不同假设。

### 前景1

也许科技使得养育孩子更加容易，或者说花费更少，尽管难以想象科技能以某种方式降低抚养3个孩子的难度。也许社会压力要求维持人类物种，社会重视养育多个小孩。也许机器人保姆改变一切，社会流行家中有两个以上的孩子。设法维持现状不是不可能的。不过即使全球人口稳定，保持固定数量，我们没有先例证明人口不变可以带来进步。

### 前景2

虽然人类大脑统计数量可能减少，但我们可以发明人造大脑，甚至可以达到数十亿的数量。或许这些人造大脑就足以保持财富增长。要实现这个目标，它们不仅需要产生思想，还需要付诸实践，就像人类那样。既然它们不是人类（如果想要人类大脑，生个宝宝吧），那么这样的繁荣和进步很可能不同于今天的情形。

### 前景3

要保持社会进步，与其依靠增加人脑数量，不如提升人类平均智力水平。也许在永远在线技术、基因工程或者药物的帮助下，个人大脑的潜力将被释放出来，推动进步。也许我们可以增加自己的注意广

度，缩短睡眠时间，延长寿命，消费更多，生产更多，创造更多。数量更少但更加强大的人脑将加速这个循环。

#### 前景4

也许前面的结论全都错了，繁荣与人脑数量增加毫无关联，也许消费对进步毫无帮助。我们只需理解如何在人口越来越少的情况下（同时寿命越来越长）提高生活质量、增加选择机会，就可以了。这是非常不成熟的设想，也是与我们当前体系格格不入的。如果每年能够成为我的潜在读者或客户的人越来越少，那么，除了增加读者或客户，我还必须因为其他原因而进行创造。无增长的经济不可想象。不过更奇特的事件也曾发生过。

#### 前景5

我们的人口突然锐减，只剩下一小部分人，他们不顾一切地疯狂生育，并走上兴盛之路。世界人口剧烈波动。

如果繁荣仅仅来自人口增长，那么在下一个世纪，进步将自相矛盾地自我减速。如果进步的成因并非人口增长，我们有必要确定它的成因，这样当人口峰值过去后，我们能够继续繁荣。

我将社会进步历程描述为人的意识推动的结果，不过还没有提到这样的关键事实，即人类对能源的使用按照同样的向上曲线而变化。近200年来的加速进步无可置疑的驱动力是指数级增长的廉价丰富的能源。工业时代露出曙光时，社会发展开始起飞阶段，此时恰逢人类发现如何利用煤炭动力来取代——或者说补充——畜力，这绝不是巧合。人们可以观察20世纪的3条上升曲线，即人口、科技进步和能源产量，然后得出结论：人和机器都在使用石油。这3条曲线非常完美地相互对应。

廉价能源的开发是技术元素的重大突破。可是如果发现高密度分布的能源就是掌握了关键知识，那么中国将会是第一个工业化国家，因为在欧洲人之前中国人已经计算出他们丰富的煤炭资源可以燃烧至少500年。廉价能源是巨大红利，但是大量储备能源还不足以推动进步。中国缺乏释放能源的关键科学知识。

假设人类诞生在一个没有矿石燃料的星球。会发生什么情况？仅靠燃烧木柴，文明能取得长期进步吗？有可能。也许高效的木柴和木炭技术优于目前我们所掌握的技术，可以支撑人口增长，使其密度大到足以产生科学。于是，从只用木柴作为能源，发展到发明太阳能板，或者核能，或者任何形式的能源。另一方面，没有科学，漂浮在油海上的文明不会取得任何进步。

社会进步跟随思维进化的步伐，随之而来的是能源产量的同步增长。地球上不难发现的充足而又便宜的能源引发了工业革命和当前科技发展的提速，但首先技术元素需要科学揭开煤炭和石油能量转化的奥秘。在共同进化的舞蹈中，人类思维成为廉价能源的主导者，使之成为数量不断增加的人脑提供足够的养分。这催生了更多科技发明，反过来消耗更多的廉价能源。这种自我放大的循环产生了3条上升曲线，分别代表技术元素的3个方面：人口、能源使用和科技进步。

科技进步呈现上升曲线的证据广泛而且深入。这方面的数据汗牛充栋，成百上千的学术论文记录了我们关注的全部事物的实质性进步。这些测量数据的曲线一般指向同一方向：向上。10年前朱利安·西蒙从它们的集合中引出下面这些著名预测：

这些是我最重要的长期预测，前提是没有全球性战争或政治动荡：（1）人类寿命会超过现在，年轻人死亡人数下降；（2）世界各地的家庭收入将增加，生活水平提高；（3）自然资源的成本会低于现在；（4）农用土地继续减少，相对于其他经济资产的总价值，它的重



要性下降。这4项预测成为现实的可能性非常大，因为历史上各时期出现的完全一样的预测被证明是正确的。

他的理由值得复述：他打赌有一种历史性力量很多世纪以来保持着同样的运行轨迹。

不过，有些专家挥动着三个论点来反驳进步观念。第一，我们自认为正在评估的那些事物完全是错觉。按照这样的思维，我们正在评估的对象是错误的。怀疑主义者看到的是人类健康的大面积恶化和人类精神的迷失，更不用说其他一切事物的退化。但是对社会发展这一现实的任何反驳必须面对一个简单事实：美国的预期寿命从1900年的47.3岁升至1994年的75.7岁。如果这还不是进步的例子，那么什么才是？至少在一个方面，进步不是幻觉。

第二种反对观点认为，进步只有一半是真实的。也就是说，物质方面的进步的确发生了，但重要性没有那么大。无形的事物，例如有意义的幸福感，才是重要的。意义很难度量，因此也很难改善。迄今为止我们可以量化的任何事物长期来看都在进步。

第三种观点是现在最常见的。该观点认为，物质进步是事实，但付出的代价太大。面对现在更加美好的生活，进步观念的批评者会赞同人类的状况确实在不断改善，但这是通过以不可持续的速度破坏和消耗自然资源实现的。

我们应该严肃对待这种观点。进步是事实，而进步导致的负面后果也是事实。科技造成了严重的环境破坏，但这种破坏不是科技的内在元素，现代科技不一定产生这样的破坏。当现有技术造成负面后果时，我们可以研发更好的技术。

“如果我们保持现有模式，就很难维持生存，”科普作家马特·里德利（Matt Ridley）说，“可是我们不会这么做，绝不。我们总是改变，

总是大幅提高物质——能源、资源等——使用的效率。我们只利用陆地就能供养世界。如果像过去那样成为渔猎采集者，我们需要大约85个地球才能供养60亿人。如果回归早期刀耕火种的农业生活，养活人类需要整个地球，包括所有海洋的资源。如果延续1950年时不需要太多化肥的绿色耕作方式，我们需要世界陆地面积的82%作为耕地，而不是现在的38%。”

我们不会一成不变。我们处理明天的问题，用的不是今天的工具，而是明天的工具。这就是我们所说的进步。

明天也会有问题，因为进步不代表乌托邦。人们很容易把进步主义误解为乌托邦理想，因为除了乌托邦，不断增加的永无止境的进步还能发生在哪里？遗憾的是，这种误解混淆了方向和目标。科技尽善尽美、不受玷污的未来是达不到的，而作为机会持续增加这一过程的终点，未来不仅是可以达到的，而且正是我们现在前进的方向。

我更欣赏生物学家西蒙·康韦·莫里斯的总结：“进步不是绝对乐观主义者制造的某种有害副产品，它就是我们实际生活的一部分。”进步是实实在在的。创造物质世界的可能是能量流和无形思维的扩张，而进步则是物质世界的重构。虽然现在是人类在推动进步，但这个重组过程很久之前就开始了，其形式为生物进化。

---

[1] 拉比是犹太教祭司的称呼。——译者注

## 第六章 注定的发展方向

### 专家导读

这是全书最为激动人心的一章。

从这一章，可以领略思想家是如何遵从内心的呼唤，捕捉生物进化中“不大可能的必然事物”，描绘被正统进化论忽略了的必然趋势。

凯文·凯利的立场十分鲜明，“进化，乃至技术元素，遵循由物质和能量的本质决定的固有方向”。

这一“固有方向”仿佛有意地将生物引导到一个高度复杂的、精巧的方向，比如眼睛、翅膀、双足、回声定位系统，以及蚂蚁、蜜蜂、啮齿动物和哺乳动物的互助行为。更重要的是，这种“趋同进化”是跨物种的。

在传统进化理论看来，物种的内部变异力量，受到外部环境压力和选择的引导，其结果呈现出适应性和偶然性。进化的必然性，在传统进化理论中毫无立足之地。

通过汇聚现代生物学、考古学的最新发现和前沿观点，凯文·凯利认为，“必然性是外熵性质的力量，是像进化中的生命一样复杂的系统自发形成的自组织”。

用作者的话说，就是坚信“生命的机器化和机器的生命化”（参见《失控》一书），是未来世界的进化方向。通过审视数十亿年自然与生命纷繁复杂的进化岁月，那一条条长长的、依稀可辨的轨迹表明，“看起来进化似乎想要创造某些构造”。

对凯文·凯利来说，作为生命的第七王国，技术元素已经深深地卷入、参与到智人的进化轨迹当中，自组织进程不但发生在生物

界，而且在技术元素的王国里也悄然发生、发酵、演化，并与人类文明进程紧密相连、相互交织。

那么，技术元素进化的固有趋势是什么呢？这是接下来将要探讨的重大问题。也是理解本书核心思想的关键。

作为第七生命王国，技术元素目前正在放大、扩展并加速在漫长岁月里推动生物进化的自组织进步。我们可以认为技术元素是“加速的进化”。因此，为了看清技术元素的发展方向，我们需要分辨进化本身的走向和促使它向该方向前进的动力。

现在的正统教科书认为生物进化过程是宇宙的随机运动，本章的观点正好相反。进化，乃至技术元素，遵循由物质和能量的本质决定的固有方向。该方向使生命的形成具有若干必然性。这些普遍的趋势还渗入了科技的产生过程，这表明技术元素的某些方面也是不可避免的。

为了追踪这条轨迹，我们必须回到起点：生命的起源。就像机器人制造自己一样，40亿年前我们所知的生命构造也在缓慢地自我组合。从这种看似不可能的自我创造之后，生命进化出数以亿计不可思议的生物。可是它们到底如何不可思议？

当查尔斯·达尔文研究自然选择理论时，眼睛给他制造了麻烦。他发现很难解释眼睛如何逐渐进化，因为视网膜、晶状体和瞳孔构成的整体看起来如此完美，缺少任何部分都会导致眼睛完全丧失功能。当时达尔文进化理论的批评者认为眼睛是一个奇迹。可是按照定义，奇迹只发生一次。达尔文和他的反对者都没有注意到这一事实：像照相机一样的眼睛进化次数不止一次——尽管它似乎是奇迹，在地球生命发展历程中它进化了6次。人们在某些章鱼、蜗牛、海洋环节动物、水母和蜘蛛身上也发现了“生物照相机”非凡的光学构造。这6种无关联生物有一个生活在遥远过去、无视觉的共同祖先，因此它们都因为独立

进化出这样的奇迹而受到人类的赞叹。6种形式的眼睛都是令人吃惊的成就，毕竟，人类用了数千年时间才制造出第一块可用的人造相机镜头。

但是，6次独立自我组装“相机镜头”是否代表着最大程度的不可能性，就像抛掷600万次硬币，全部都是正面朝上？或者说，眼睛的多次创新是否意味着它是自然形成的吸引进化的漏斗，就像山谷底部的井吸引水一样？还有另外8种眼睛，每一种都不止进化一次。生物学家理查德·道金斯估计，“整个动物王国中眼睛独立进化的次数在40~60次之间”，他因此宣称，“生命——至少是我们理解的地球生命——几乎迫不及待地要进化眼睛。我们可以肯定地预测，一个关于（进化）模拟演示的统计样本将以眼睛结束。而且不只是笼统的眼睛，还可以分为昆虫、对虾或三叶虫所具有的复眼，以及与人类和乌贼类似的照相机一样的眼睛……有如此多的方法创造眼睛，我们已知的生命完全可以找到所有方法”。

是否存在某些结构、某些自然形态，经常引导进化的前进方向？这个问题和技术元素关系密切，因为如果进化表现出向普适性解决方案发展的趋势，那么作为进化的加速延伸，科技也会这样。最近几十年，科学家发现，复杂的自适应系统（进化是其中一个例子）往往会融入（其他所有因素相同的情况下）几种再现模式中。这些模式没有出现在系统内部，因此其表现出的结构被认为既是“自发的”，又受到作为整体的复杂自适应系统的控制。由于同样的结构会重复出现，就像洗衣机脱水桶中的水突然出现涡流，似乎是凭空出现的，因此这些结构也可以被视为必然的。

地球生命不断重演此类相同的现象，生物学家整理出了一份记录这些现象的越来越长的表单。他们无法确定该如何处理这些奇怪的状况。但是有几位科学家相信这些反复出现的创新是生物界的“多重漩涡”，或者说在进化的复杂互动过程中产生的类似模式。人们估计地球

上的3000万种物种每小时进行数百万次的试验。它们不停地生育、争斗、杀戮或者互相改变。除了彻底的重组，进化还不断汇聚生命树庞大分枝上的相似特性。这种对重现结构的向往被称为“趋同进化”。不同物种间的血统在分类学上距离越远，趋同性就越令人印象深刻。

旧大陆灵长类动物与它们的远亲新大陆猴类相比，具有全色视觉，但嗅觉没有那么灵敏。新大陆的这些猴子——蜘蛛猿、狐猴和绒猴——都有非常敏锐的嗅觉，但是缺乏三色视觉。吼猴是一个例外，它们与旧大陆灵长类相似，有三色视觉和不灵敏的鼻子。吼猴和旧大陆灵长类的共同祖先非常古老，因此吼猴独立地进化出三色视觉。通过检测全色视觉的基因，生物化学家发现吼猴和旧大陆灵长类都使用调制到相同波长的受体，在3个关键位置具有完全相同的氨基酸。还不只这些，二者嗅觉弱化的成因都是同样的嗅觉基因受到抑制，按照同样的序列关闭，细节也相同。“当类似的约束力共同作用时，类似的结果就会出现。进化显然是可以重现的。”基因学家肖恩·卡罗尔（Sean Carroll）说道。

进化可复制的观点引起了很大争议。可是既然趋同性不仅给生物学带来巨大冲击，而且强烈暗示了技术元素也存在趋同性，那么分析关于其本质的进一步证据就是值得的。根据不同人对“独立”概念的理解，被记录在案的独立的趋同进化的例子有数百个，而且还在增加。任何这样的名单必然会包括鸟类、蝙蝠和翼龙（恐龙时代的爬行动物）扑翼的3次进化。这3类动物谱系最后的共同祖先没有翅膀，表明它们各自独立地进化出翅膀。尽管在分类学上相距甚远，这3类动物的翅膀在结构上明显相似：皮肤伸展，紧连在多骨的前肢上。回声定位的导航方法经历过4次进化：蝙蝠、海豚和两种穴居鸟类（南美夜莺和亚洲金丝燕）。双脚在人类和鸟类中重复出现。防冻化合物在银鱼身上进化两次，一次在北极，一次在南极洲。通过进化，蜂鸟和蜂鸟蛾能够围绕花朵盘旋，通过一根细管吮吸花蜜。恒温特性进化次数大于1。双目视觉在分类差异很大的动物身上进化过很多次。珊瑚的近亲苔

藓动物在4亿年时间里6次进化出独具特色的螺旋状群落。蚂蚁、蜜蜂、啮齿动物和哺乳动物进化出互助行为。植物王国中相距很远的领域分别进化出食虫物种——为了获取氮物质而吃虫。分类不同的多汁树叶进化了许多次，喷射液体的能力进化两次。多种鱼类、软体动物和水母独立进化出用于游泳的浮力气囊。在昆虫王国，扑翼由绷紧的薄膜覆盖在骨架上构成，中间经历了不止一次进化。尽管人类运用技术开发出固定翼和旋翼飞行器，但我们还没有制造出可靠的扑翼飞行器。不过，固定翼滑翔者（飞行松鼠、飞鱼）和旋翼滑翔者（多种植物种子）也进化了若干次。事实上，3类啮齿动物滑翔者物种也显示出趋同性：飞行松鼠、鼠袋鼯和蜜袋鼯，后两种均产自澳大利亚。

澳大利亚大陆在地质时期发生了独立的板块漂移，使之成为平行进化的试验室。在澳洲，多个例子表明有袋类动物与旧大陆的有胎盘哺乳动物相似，甚至在过去也是如此。在已经灭绝的有袋剑齿虎和剑齿虎化石上，都发现了剑齿。有袋狮长着猫科动物一样的可缩进的爪子。

人类标志性的远亲恐龙独立地发展出若干新特性，与我们共同的脊椎动物始祖相似。除了翼龙和蝙蝠相似以外，流线体形的鱼龙和海豚、沧龙和鲸都有相似之处。三角龙的嘴与鹦鹉、章鱼和乌贼的嘴类似。外形像蛇的鳞脚蜥科与后来的蛇一样没有脚。

不同谱系在分类学中位置越近，趋同性就越普遍——但重要性越低。青蛙和变色龙独立进化出速射型“舌叉”，可以在一定距离外捕捉猎物。主要的3类蘑菇各自进化而成的物种都会结出黑色、浓密、像松露一样的地下果实；仅在北美，蘑菇种类超过75类，包括松露，其中有许多是独立进化的。

对某些生物学家来说，趋同性的出现不过是统计学上的新鲜事，就像遇到别人名字和出生日期与你相同。的确古怪，但那又如何？如果有足够多的物种和时间，你也一定会遇见两个形态碰巧相似的物

种。但是相似特性实际上是生物学法则。大多数相似点是不可见的，只出现在近缘物种间。近缘物种自然共享某些特性，而非近缘物种的相似特性较少，因此非近缘物种的同源性更有价值，更值得注意。不管怎样，生命用过的大多数方法不止一种有机体使用，也不止一个门类使用。没有被自然界重复使用的特性才是罕见的。理查德·道金斯对博物学家乔治·麦加文将只发生过一次的进化命名为生物“创新”提出质疑，麦加文能够收集的只有很少的例子，如投弹手甲虫，它在需要时可以混合两种化学物质，向敌人射出毒液；还有潜水钟蜘蛛，通过水泡呼吸。同时发生的独立创新似乎是自然界的法则。我将在下一章中论述，同时发生的独立创新似乎也是技术元素的法则。在自然进化和科技进化这两个领域，趋同性导致必然性。必然性引起的争议甚至比可复制性还要大，因此需要更多的证据。

回到重复进化的眼睛这个话题。视网膜上有一层专用蛋白质，用于执行感光的工作。这层蛋白质被称为视网膜紫质，将射入光的光能转化为活跃的电信号，沿着光学神经传送。构成视网膜紫质的古老分子不仅出现在照相机似的眼睛视网膜上，在低等蠕虫的大多数无透镜原始眼点上也能找到。这种分子在动物王国随处可见，因为性能很好，所以无论在哪里发现，其结构都相同。它可能数十亿年保持不变。其他若干种与之竞争的光敏分子团（例如隐花色素），在效率或者耐久性方面有所欠缺，这表明经过20亿年的视觉进化后，视网膜紫质确实是自然界可以找到的最佳感光分子。不过令人惊讶的是，视网膜紫质是又一个趋同进化的例子，因为在遥远的过去它曾经分别在两个独立物种王国中进化，一次是太古代细菌，一次是真菌。

这一事实让我们震惊。可能存在的蛋白质链数量是个天文数字。组成所有蛋白质“单词”的字母表包含20种基本符号（氨基酸），这些单词平均下来估计有100个符号——或者说100个“基”——那么长。（实际上，很多蛋白质链要长得多，不过对于本次估算，100足矣。）进化能够产生（或发现）的可能蛋白质链总数是 $100^{20}$ ，或者 $10^{40}$ 。这



意味着可能存在的蛋白质链数量比宇宙中的恒星还要多。让我们来作简化处理。因为100万个氨基酸“单词”中只有1个合成为功能型蛋白质，我们可以大规模减少数量，并假定潜在的功能型蛋白质数量等于宇宙的恒星数量。找到特定的蛋白质就等同于在广袤太空随机寻找特定恒星。

按照这样的类比，进化经过连续跳跃后发现了新蛋白质（新恒星）。它从一个蛋白质链跳至“邻近的”相关链，接着到达下一个新型链，如此反复，直至抵达某种极不相同的独一无二的蛋白质链，此时已距离起点很远，就像人们在星际间跳跃，远行至另一个恒星。可是在一个像我们的宇宙那么大的空间里，经过上百次随机跳跃，在某个遥远星球上着陆后，绝无可能重复同样的随机过程而再次完成相同的过程。从统计学意义上说是不可能的。然而进化对视网膜紫质却做到了。在生命宇宙的所有蛋白质星球中，进化两次发现这种数十亿年从未改良的蛋白质。

这种“两次击中”的不可能事件在生命领域不断发生。进化学家乔治·麦吉在论文《趋同进化》（Convergent Evolution）中写道：“鱼龙或海豚形态的进化并不是无关紧要的。应该这样描述才正确：它完全称得上奇迹，一群陆生四足动物，具有完整的四肢和尾巴，可以使肢体和尾巴退化成像鱼那样的鳍。如果不是完全不可能，至少可能性非常小，不是吗？而这在爬行动物和哺乳动物——两种谱系不是很近的动物——身上重复发生了两次。要寻找它们的共同祖先，就必须回到石炭纪这样古老的年代。这说明，它们的基因传承非常不同。虽然如此，鱼龙和海豚都有独立再进化的鳍。”

是什么引导这种不太可能的现象发生了？如果说这同一种蛋白质，一种“偶然”出现的形态，进化了两次，那么这一过程的每个步骤显然不可能是随机的。这些相似旅程的主要引导因素是它们的共同环境。太古代细菌的视网膜紫质和真菌的视网膜紫质，以及鱼龙和海

豚，都漂浮在同样的海洋环境中，都拥有自适应产生的优势。就视网膜紫质的例子而言，因为包围原始分子的浆液基本相同，自然选择压力往往有助于每次朝同样的方向跳跃。实际上，环境生态位的匹配常被用于解释趋同进化出现的原因。不同大陆的干燥沙漠都出产大耳朵、长尾巴、蹦蹦跳跳的啮齿类动物，这是因为气候和地形塑造了一系列相似的压力和优势。

这个例子没问题，可是为什么不是世界上所有相似的沙漠都生活着袋鼠和跳鼠？为什么不是所有沙漠啮齿动物都是袋鼠的其他版本？正统的答案是，进化是偶然性很大的过程，随机事件和运气会改变进程，因此即使在类似的环境中，也很少产生同样的形态结果。偶然性和运气的影响力在进化过程中如此巨大，以至于趋同事件这样的奇迹出现了。可能存在的形态由生命分子、发挥核心作用的随机变异和成形过程中的染色体片段缺失诸因素合力构成，根据这些可能形态的数量，从独立源头发展而来的有效趋同现象应该像奇迹一样罕见。

但是，上百甚至上千独立的有效趋同进化表明还有其他因素在发挥影响。某种力量推动进化的自组织过程向重现事件运动。一种与自然选择的抽签方式不同的动力驾驭进化过程，导致它可以不止一次地到达不太可能的远方目的地。这不是超自然力量，而是基础性动力，其核心就像进化本身一样简单。同样是它，将趋同性注入科技和文化。

进化受到两种压力驱使，产生某种必然的重现结构：

- 1.几何和物理法则施加负面约束，限制生命机会的范围。
- 2.相关联的基因和新陈代谢路径所构成的自组织复合体施加的正面约束，产生几种重复出现的新机会。

两种动力为进化指明新方向。它们还会继续在技术元素领域共同发挥作用，为技术元素的发展过程提供必然性。请允许我依次阐述它们的影响，从化学和物理法则塑造生命——乃至人类意识在技术元素领域的创新——的方式开始。

植物和动物呈现令人眼花缭乱的体形多样性。昆虫可能体形微小，例如虱子，也可能庞大，例如鞋子般大小的有角甲虫；红杉高达100米，而小型高山植物可以装进套管里；体形硕大的蓝鲸有如海船，小型变色龙只有1英寸长。可是每个物种的大小不是随意形成的，它们符合某种尺寸比例。令人吃惊的是，动植物的尺寸比例是个常量，它是由水的物理法则确定的。细胞壁的强度由水的表面张力决定，这反过来决定了躯体——任何可能形式的躯体——密度始终对应的最大长度。这些物理法则不仅在地球上而且在全宇宙发挥作用，因此我们可以预期：任何水基有机体，不论何时进化，不论进化终点在何处，都会趋向这个宇宙通行的尺寸比例（根据当地重力有所调整）。

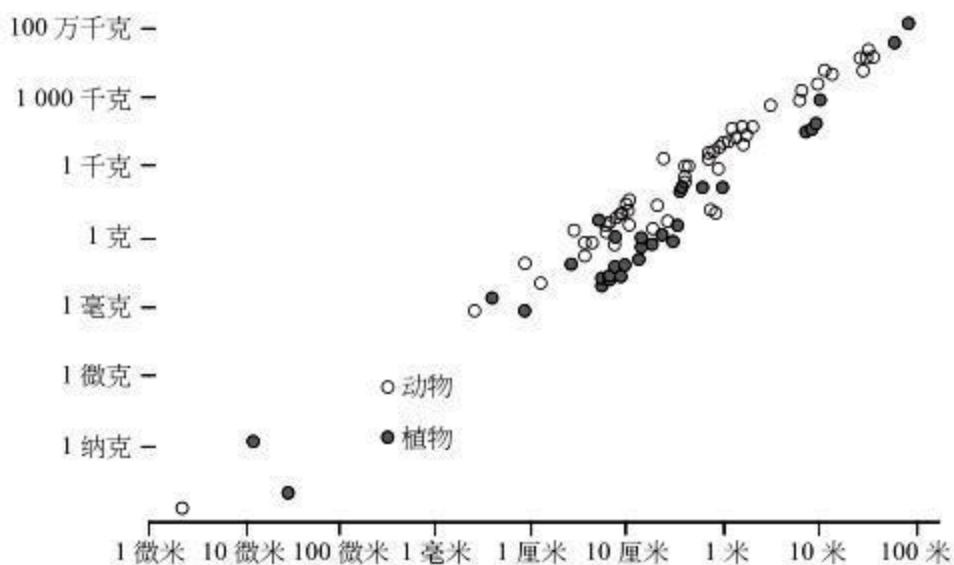


图 6-1 生物尺寸比例。动植物有机体质量和长度的比例是常量

生命的新陈代谢同样受到约束。小型动物生命快速流逝，很早就会死亡。大型动物生命悠长。动物的生命速度——细胞燃烧能量的速度、肌肉收缩速度、怀孕周期和成熟周期——显然与生命周期和体形大小成比例关系。新陈代谢速度和心率与动物的重量成比例。这些常量产生于物理学和几何学基本法则，以及能面（肺部表面、细胞表面和体液循环量等）最小化的天然优势。与大象相比，老鼠的心脏和肺部跳动很快，尽管如此，二者一生中心跳和呼吸次数一样。似乎上帝给哺乳动物分配了15亿次心跳，并告诉它们想用就用。体形很小的老鼠在前面快速奔跑，它的生命就是大象生命的快进版。

在生物学领域，新陈代谢速度恒定的最典型例子是哺乳动物，但研究者最近发现相似的法则作用于所有的植物和细菌，甚至各种生态系统。稀疏的寒带海藻群落可以被视为心脏恒温动物的慢动作版本。植物或生态系统中每千克物质包含的能量（或者说能量密度）与新陈代谢所需能量相当。很多生命参数——动物孵卵所需时间、成片森林形成速度以及DNA变异速度——似乎都符合普遍的新陈代谢比例法则。“我们发现，尽管生命的多样性不可思议——从西红柿树到变形虫再到鲑鱼，但如果以体形大小和温度作为参考依据，这些（新陈代谢）中有很多在速度和时间上明显相似。”发现这条法则的研究人员詹姆斯·吉鲁利和杰弗里·韦斯特说道。他们认为，“新陈代谢速度是基本的生物速度”，是包括能量在内的“宇宙钟”，是所有形式的生命运动的速度。对任何生物而言，这口钟都是不可避免的。

还有一些物理常量在生物界也是普适的。几乎所有类型的生物都具有两侧对称性（左边和右边互为镜像）。这种基本的对称性似乎产生了多层次的自适应优势，包括更卓越的运动平衡性、有先见之明的冗余（一切事物至少都有两个！）以及基因代码的高效精简（只要复制一边的代码）。其他几何结构不过是运用简单有效的物理学常识，例如管状结构给植物、动物（肠就是这样的结构）和腿部输送营养。一些重复出现的构造，例如树枝和珊瑚枝的展开或者花瓣的旋涡状排

列，都是基于生长的数学原理。它们的再现是因为数学是永恒的。地球上所有生物都以蛋白质为基础，细胞内蛋白质的折叠和展开方式决定了该生物的特性和行为。生物化学家迈克尔·登顿和克雷格·马歇尔论述道：“蛋白质化学领域的最新进展表明，至少有一类生物结构——即基本的蛋白质折叠——是由导致晶体和原子形成的类似的物理法则决定的。这些法则使每种生物在其外形下面具有统一的理想结构。”作为引发生命多样性的基本分子，蛋白质最终也要受制于一组数量有限的重现法则。

如果制定一份包含一切地球有机体的全部物理特性的大型电子表格，我们会发现很多空白处，这是为那些逻辑上“可能存在”但实际上不存在的有机体留出来的。这些替补生物服从生物和物理法则，可是从未出现过。这种“可能存在”的生命形式也许包括哺乳蛇，（为什么没有？）以及飞行蜘蛛或陆生乌贼。事实上，如果现有动植物圈发展时间足够长，人类不予干涉，地球上仍有可能进化出上述动物中的某些种类。这些推测出的生物听起来完全可信，因为它们具有趋同性，重新采用（但是重组）了整个生物圈反复出现的形态结构。

艺术家和科幻小说家幻想其他遍布生物的星球时，虽然尽力跳出地球约束的思维框架，但是他们想象的很多有机体还是保留了地球上看到的生命形态。有人会将这种现象归因于缺乏想象力：我们总是惊讶于海底最深处发现的奇异生物，那么其他星球上的生命也应该充满神奇。包括我自己在内的其他人赞同，我们会感到惊奇，但是考虑到“可能存在”的生命形式——这个巨大的想象空间包含了原子经排列后组成有机体的所有可能方式，我们在另一个星球上找到的只会是可能存在的生物的很小部分。其他星球上的生命是否令人惊讶，取决于它与我们已经熟悉的形态发生怎样的联系。因为视网膜色素层研究而获得诺贝尔奖的生物学家乔治·沃尔德对美国国家航空航天局讲述道：“我告诉学生们：在这里学好生物化学，将来可以通过在大角星举行的考试。”

DNA结构所受到的物理约束最明显。DNA分子如此不同寻常，称得上独树一帜。每个学生都知道，DNA是独特的双螺旋链，可以轻松压缩和解压，当然，还可以自我复制。不过，DNA也可以展现为平板、互锁环甚至八面体结构。某些巨型蛋白质链负责塑造人体组织和肌肉的物理特性，分子中独一无二的体操健将DNA充当复制这些巨型蛋白质链的动态模板，这个过程依次通过互动形成庞大的复杂生态系统。从这个无所不能的准晶体开始，带着所有意想不到的外形，生命向前跳跃式发展，呈现出令人生畏的多样性。沿着DNA极细小的古老螺旋发生的微妙重组，令世间诞生出20米高、四处游荡、神态威严的蜥脚类恐龙，像宝石一样的绿色闪光蜻蜓，冰清玉洁的白色兰花花瓣，当然，还有复杂的人脑。一切都来自这个小小的准晶体。

如果我们承认除了进化没有超自然力量发生作用，那么所有这些形态——还会有更多——某种意义上一定被包含在DNA结构中。还能来自哪里？各类橡树的细节特征和未来的橡树物种是先天决定的，以某种形式存在于第一颗橡子的DNA中。此外，如果我们承认进化之外没有超自然力量发生作用，那么人类大脑——都是同一粒始祖细胞的后代——的代码也一定暗含在DNA中。如果大脑是这样的话，那么技术元素呢？空间站、聚四氟乙烯和互联网是否也溶解在染色体组中，只为了此后在长期的进化过程中沉淀成形，正如数十亿年后橡树最终显现为目前的形态？

当然，单独研究这种分子完全无法揭示物种的多姿多彩：我们徒劳地在DNA的螺旋梯中寻找长颈鹿。但是我们可以搜索用来替代的“橡子”分子，作为一种工具再现DNA的展开过程，观察在DNA之外是否存在其他力量可以产生同样的多样性、可靠性和可进化性。一些科学家在实验室寻觅DNA替代物，方法包括设计“人造”DNA、合成与DNA类似的分子以及构建全新的生物化学系统。发明DNA替代物有一系列实际理由（例如，创造可以在太空工作的细胞），可是至今还缺乏具备DNA的多功能性和智慧的替代物。

为了满足对DNA替代分子的需求，第一个显而易见的方法是将略作改动的碱基对置换到螺旋中（想想DNA螺旋梯的不同梯级）。K·D·詹姆斯（K. D. James）和A·D·埃林顿（A. D. Ellington）在合著的《生命起源和生物圈进化》（Origins of Life and Evolution of the Biospheres）中写道：“根据碱基对替换计划开展的试验表明，目前存在的嘌呤组和嘧啶组（标准的碱基对类型）很多方面达到最优……非自然形成的经过试验检测的核酸类似物已被证明大多数无法自我复制。”

当然，科学领域有很多起初被认为不大可能、不合情理或完全不可能的发现。至于自组织生命的例子，由于我们对它的全部了解是基于数量只有1——就是地球——的样本（只在有限范围内），因此我们在归纳替代物时需要特别谨慎。

可是化学就是化学，在宇宙任何地方都不会改变。碳元素位于生命的核心，因为它的化学活泼性很强，具有很多连接其他元素的“钩子”。它和氧元素关系非常融洽。碳容易氧化，成为动物的燃料，也容易被植物的叶绿素脱氧（减少氧元素）。自然而然，它成为由极不相同的超大分子构成的长链的支柱。硅，碳的同位素姐妹，是制造非碳基生命形式的最有可能的候选替代者。硅与其他元素的结合也是多种多样，而它在地球上的储量超过碳。当科幻小说作家幻想其他生命形式时，经常以硅作为生命基础。但在现实生活中，硅存在几个重大缺陷。它不能与氢结合成链状结构，这限制了其衍生物的大小。硅硅结合在水中不稳定。硅“吸入”氧后，“呼出”的是矿质似的沉淀物，与气体状的二氧化碳不同。这使得它很难散开。硅基生物可能呼出的是坚硬的沙粒。基本上，硅创造干燥的生物。如果没有液态母体，难以想象如何向四周运送复杂分子，以实现互动。也许硅基生命住在炽热的世界，在那里硅酸盐都能熔解。也有可能母体是温度极低的液态氨。但是，与浮在未冰冻液体的表面并与之分离的冰不同，冷冻的氨会下沉，使得整个海洋都被冻住。这些担忧不是假想出来的，而是建立在

制造碳基生命替代物的试验基础上。迄今为止，所有证据都表明DNA是“完美”的分子。

人类的聪明大脑可以构想出新的生命基础，然而发现可以自我创造的生命基础却是更高等级的事务。实验室制造出来的潜在的合成生命基础也许有足够的活力，可以在野外存活，但不能通过自组织方式形成。如果你可以不再要求自组织诞生形式，就能跃进至各种从未独立进化的复杂系统。（这实际上是大脑的“工作”：产生某些类型的复杂事物，这些事物是进化的自我创造过程不能产生的。）机器人和人工智能不需要从富含金属的岩石中自组织形成，因为它们是人类制造的，而不是自然产生的。

然而，DNA的确需要自组织。到目前为止，关于这种强大的生命核心最引人注目的事情是：它自己组装自己。在太空中，甚至在各星球的土坑里，可以轻而易举地找到最基本的碳基分子——例如甲烷和甲醛。我们尝试过用各种非生命条件（闪电、高温、暖池、冲撞、冰冻/解冻）来刺激这些像乐高积木一样的分子搭建成8个作为RNA和DNA成分的糖分子，可是所有条件下生成的糖都达不到维持存在所需的最小数量。制造其中一种糖——核糖（即RNA中的R）——的所有已知途径是如此复杂，以至于在实验室中难以复制，在野外再现（一定程度上）更是不可想象的。这还仅仅是处理8种基本前驱体分子中的一种。大量培养其他不稳定化合物、使之能够自我繁殖的必要条件——可能相互矛盾——还没有发现。

可是我们遇见过成功案例，因此我们知道可以找到这些特殊路径，至少一条。不过，数条并行工作的路径同时畅通的情况是极难出现的，这意味着，也许只有一个分子可以穿过这个迷宫，自我组合它的大量片段，自我复制曾经出现的结构，然后从这个起点释放出我们见识过的地球生命的难以置信、令人叹为观止的丰富多彩和生机勃勃。找到一种分子可以自我复制并且孕育数量前所未有的复杂生物，



这还不够。也许的确存在多种通过化学反应产生的神奇细胞核可以满足要求，但找到无所不能而且可以自我繁殖的分子，是一项挑战。

迄今为止，没有任何竞争者可以发挥那种魔力，甚至连达到近似程度的都没有。这就是西蒙·康韦·莫里斯把DNA称为“宇宙中最奇特的分子”的原因。生物化学家诺曼·佩斯（Norman Pace）认为，也许存在一门“宇宙生物化学”，以这个最引人注目的分子为研究基础。他推测：“看起来有可能任何地方生命的基本积木都与我们相似，如果不是细节上，至少在总体上是这样。那么，20种氨基酸就是想象得到的最简单的碳结构，可以传送生命体的功能分子团。”将乔治·沃尔德的话改一下：要研究外星人，请研究DNA。

关于DNA无与伦比（也许在全宇宙都无与伦比）的能力，还有一个证明。两位分子生物学家——斯蒂芬·弗里兰（Stephen Freeland）和劳伦斯·赫斯特（Laurence Hurst）——通过计算机在模拟的化学世界中生成随机基因代码系统（DNA的等同物，但不包含DNA）。由于所有可能的基因代码的组合集已无法用宇宙时间衡量，难以估算，研究者从中抽取了一组子集样本，重点关注那些被归类为可以在化学环境中存活的样本点。估计有2.7亿可存活替代物，他们研究了其中的100万种变体，按照在模拟环境中使误差最小化的能力给对应的代码系统分级（好的基因代码可以精确无误地复制）。经过100万次电脑计算后，基因代码的评估效率值构成了典型的钟形曲线。曲线一端是地球的DNA。在100万个可选基因代码当中，目前的DNA结构是“所有可能代码中最优良的”，他们总结道，即使并非完美，至少是“百万里挑一”。

叶绿素也是一种奇特的分子。它在地球上无处不在，虽然没有达到最优化。太阳光谱辐射强度在黄色波段达到高峰，而叶绿素的最佳吸收区域为红区和蓝区。按照乔治·沃尔德的评论，叶绿素具有“三重能力”，即强大的吸光能力、存储捕捉到的能量并传递给其他分子的能力和转化氢以减少二氧化碳的能力。这样的能力使得叶绿素在喜光植

物的进化过程中发挥关键作用，“尽管它的吸光区域存在缺陷”。沃尔德继续推断，这种非最优化证明没有更好的碳基分子可以将光转化为糖，因为如果有的话，难道几十亿年的进化还不能将它创造出来吗？

我在谈论趋同性时，提到了视网膜的最优化以及叶绿素的非最优化，似乎自相矛盾。我认为效率等级不是核心问题。对于这两种情况，缺少替代物才是它们具有必然性的最强有力证明。在叶绿素的例子中，虽然它不完美，但是几十亿年间没有替代物出现；在视网膜的例子中，尽管有一些次要的竞争者，可是同样的紫质分子两次出现在眼睛这个领域——没有紫质分子，这将是巨大的空白区域。进化一次又一次地求助于几个有效的解决方法。

无疑，未来某一天会有非常聪明的实验室研究者开发出替代有机体DNA的生命基础，能够开凿出新生命之河。合成生命基础在获得巨大的加速度后，也许会进化出各类新生物，包括有意识的生物。然而，这样的替代生命系统——不论是硅基、碳纳米管还是黑云的气态核<sup>[1]</sup>——自身具有由嵌在原始种子内部的约束力引导的必然性。它不是万能的，但可以进化出多种现有生命本源无法创造的生命类型。有些科幻小说作者戏谑地推测，DNA本身也许就是这样的人造分子。毕竟，它聪明地实现了最优化，而且它的起源仍然非常神秘。也许，是身着白色实验服的超级智慧生命巧妙地设计出DNA，并将它发射到宇宙，使之数十亿年如一日地在荒芜的星球上自然播种？我们不过是这个原始基因混合体长出的众多幼苗中的一株。这种虚构的园艺工程也许可以解释很多现象，但是不能消除DNA的独特性，也无损于DNA在地球上的进化路径。

物理、化学和几何约束从生命诞生那一刻起就在施加控制，甚至延伸到技术元素领域。“生命的一切基本形式构成有限的自然形态集，这些形态在宇宙中任何存在碳基生命的地方都会再三重现。”生物学家迈克尔·登顿和克雷格·马歇尔宣称。进化当然不可能创造出所有可行的

蛋白质、喜光分子、附属器官、运动方式和外形。生命不是在所有方向上都无边无际、无拘无束，而是受到物质世界的诸多限制。

我认为，同样的约束也在限制科技的发展。科技建造在生命具有的相同的物理和化学根基之上，更重要的是，在第七王国——加速的生命王国，技术元素被很多引导生物进化的约束所限制。技术元素无法创造出所有可以想象的发明，也不能将所有可行的观念转化为现实。相反，它在许多方向上受到物质和能量的制约。不过，负面约束只是进化故事的一半内容。

另一半推动进化漫长历程的强大力量是在某个进化方向上传导创新的正面约束。自组织过程的外熵与前述物理法则约束共同控制进化的运动轨迹。在生物进化过程中，这些内部惯性极为重要，而在科技进化过程中，它们的重要性更甚。事实上，对于技术元素，自生成的正面约束是主要因素，影响力超过负面约束。

然而，在今天的生物学领域，存在引导生物进化的内部约束这一观点远非正统学说的内容。定向进化概念因为与超自然生命本质信仰联系起来而声名狼藉，其发展历程趣事颇多。今天定向进化理论虽然不再与超自然观念结合，但却和“必然性”观念挂钩，许多科学家认为后者不论怎样包装都是无法接受的。

我愿意用迄今为止我们的证据所能提供的最佳案例来阐释生物进化的方向。这是个复杂的故事，对于理解生物、辨清科技的未来至关重要。如果我能说明自然进化过程存在内生方向，那么我的观点——技术元素扩展了这个方向——就更容易理解了。因此，在我深入研究生命计划的推动力量后，后面的长篇大论的确可以作为科技领域的同类进化的近似论述。

在开始讲另一半故事前，我要提醒各位，这种最近才被认识的外熵推动力不是进化的唯一发动机。进化有多种推动力，包括之前描述

的物理约束。但目前关于进化的正统科学观点认为，变化的主要成因只有一个：随机变异。在自然界，后代幸存者是可遗传的随机变异自然选择的结果。因此，在进化过程中，只有随机进步，不存在定向发展。过去30年对复杂自适应系统的研究得出的主要认知提供了相反的观点：自然选择导致的变异并不总是随机的。试验表明，“随机”的变异通常不是固定方向的；另一方面，变异受到物理和几何法则的控制；最重要的是，变异常常是由自组织体（这里指的是DNA螺旋体）再现模式的固有可能性引发的。

过去，非随机变异概念是异端邪说，可是随着越来越多的生物学家使用计算机模拟，变异并非随机的观点在某些理论家中间成为科学共识。基因的自调节网络（所有染色体上都可以找到）有利于某些类型的复合体。“一些有潜在用途的变异可能性非常大，可以认为它们已被编入基因组代码”，生物学家L·H·卡波拉莱（L. H. Caporale）说。细胞通过新陈代谢路径可以自我催化，组成网络，走上自我改进的循环。这给传统观点轻轻一击。在以往的观念中，内部（变异来源）产生变化，而外部（自适应的环境来源）选择或引导这种变化；在新观念中，外部（物理和化学约束）产生结构，内部（自组织）选择或引导这种结构。当受到内部引导时，进化转向重现结构。近代古生物学家W·B·斯科特（W. B. Scott）总结道，进化的复杂性产生了“为优化准备的固有通道”。

在教科书中，进化是由单一的半精确机制推动的强大力量，是适应性生存选择的可遗传的随机变异，也被称为自然选择。新出现的修正观点则承认其他力量的存在。它的解释是，进化的创新发动机由3条腿支撑：适应性（传统动力）、偶然性和必然性。（这3种力量也在技术元素领域重新出现。）我们可以将其描述为进化的3种动力。

适应性动力是教科书上的理论定义的正统力量。正如达尔文猜想的那样，那些最适应环境的有机体生存下来并繁殖后代。因此在变动

的环境中，任何新生存策略，无论其来自哪里，都经过了漫长选择，与该类物种相得益彰。适应性力量在进化的各个层面都是基本力量。

进化三动力中的第二种是运气，也就是偶然性。进化过程中发生的大量事件可以比喻成买彩票中奖，而不是最优者适应。物种形成时的很多优良特性是偶然事件——某种不太可能存在的引导物种沿着偶然路径发展的激发性力量——的结果。王斑蝶翅膀上的独特斑点不是严格意义上的适应性特征，纯属偶然产生。随机的开端最终在未来的日子里产生完全意想不到的构造，而这些后来产生的构造也许不如祖先那样复杂或优美。换句话说，我们今天看到的进化过程中的很多结构来源于过去的随机偶然事件，而不是进步的结果。如果我们把生命发展史的录像带倒回去，再次按下播放键，放映内容将有所不同。[为年轻读者考虑，我应该说明，“倒回录像带”，就像“拨电话（号码盘）”、“（用胶卷）拍电影”和“（用曲柄）启动发动机”，是一种约定俗成的说法，从已经弃用的技术沿袭下来的表达方式。在本例中，“倒回录像带”表示要从同样的起点重复一个过程。]

斯蒂芬·杰·古尔德（“倒放生命的录像带”这个比喻就是他在其开创性著作《精彩的生命》中首次使用的）提供了关于偶然性在进化过程中普遍存在的精选案例。他的论点建立在一组神秘的前寒武纪生命化石的证据基础上，这组化石是在加拿大的伯吉斯页岩发现的。一位名为西蒙·康韦·莫里斯的年轻研究生用了若干年时间在显微镜下日复一日地潜心研究这些微小的化石。经过10年的刻苦钻研，莫里斯宣布，伯吉斯页岩含有过去未知的生物群落的宝贵资料，该群落的形态多样性远甚于现在的生命。但是这批古生物原型非同寻常的多样性被5.3亿年前的灾难重创，只剩下少数的有机体基本类型继续进化，造就了今天我们看到的物种相对较少的世界。古尔德认为这样古老而丰富的多样性遭受不确定重创是偶然性法则的有力证明，也是进化方向性观点的反面证据。他尤其相信，伯吉斯页岩的证据表明人类大脑不是必然性产物，因为进化过程中没有任何事物是必然的。在书的结尾，古尔德

总结道：“生物学对人类本性、状态和潜力的大部分真知灼见可概括为简单的短语——偶然性的体现：智人是个例，而非趋势。”

“个例而非趋势”这个短语反映了当代正统进化理论：进化固有的偶然性和至高无上的随机性阻止了任何方向的趋势。然而，后来的研究证明伯吉斯页岩并不包含人们起初相信的庞大多样性，推翻了古尔德的结论。西蒙·康韦·莫里斯本人转变观念，抛弃此前激进的分类法。事实证明伯吉斯页岩有机体中很多并不是不可思议的新形式，而是外形古怪的旧形式，因此在宏观进化过程中偶然性远远谈不上占优势地位，占优势地位的更有可能是进步。奇怪的是，自从古尔德这本有影响力的书出版后，若干年内莫里斯成为为进化的偶然性、方向性和必然性摇旗呐喊的首要古生物学家。事后人们才认识到，伯吉斯页岩所证明的是，偶然性是进化的重要力量，但不是唯一的。

进化三动力中的第三种是结构的必然性，这正是当前生物学教条否定的那种力量。鉴于偶然性可以被认为是“历史”力量，也就是历史对其有重大影响的事件，那么进化发动机的结构成分可被视为“非历史”的，它独立于历史而创造变化。把这个部分倒回重放，得到的还是同一个故事。进化的这个方面推动了必然性的产生。例如，防御用的毒刺至少在12个物种那里发生进化：蜘蛛、黄貂鱼、荨麻、蜈蚣、石头鱼、蜜蜂、海葵、雄性鸭嘴兽、水母、蝎子、有壳软体动物和蛇。这个共有结构的重现不是因为共同的进化史，而是因为共同的生命起源；它的形成，不是来自外部环境，而是由于自组织复合体的内部动力。必然性是外熵性质的力量，是像进化中的生命一样复杂的系统自发形成的自组织。正如前几章描述的那样，复杂系统自己产生惯性，形成某些重现模式，系统通常会陷入这些模式。这种内生的自我排序引导系统获取自身利益，通过这样的方式给正在发生的进化过程限定方向。这种动力将进化的无序性导向某种必然性。

进化三动力的关系也许如图6-2所示：

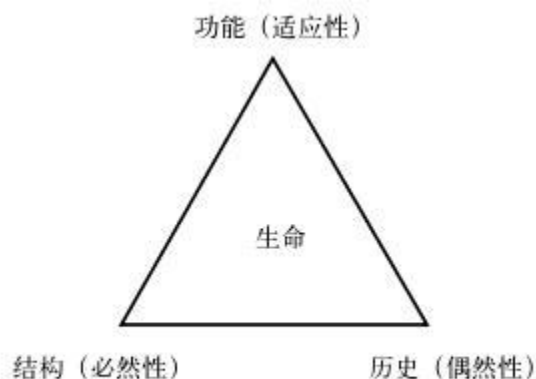


图 6-2 进化三动力

在自然界中这三种动力都发生作用，但比例和层面有所不同，它们此消彼长，共同演绎各种生物的发展史。我想起一个比喻，也许有助于厘清这三种力量：物种进化就像一条蜿蜒曲折的河流冲刷河岸。这条河的局部“特征”，也就是河岸以及河床的细致轮廓，源自自适应变异和偶然性（从不重复）动力；而河流普遍存在的“河流通性”（所有河流都具有的），即在水域形成的通道，源自趋同性和自发有序性的内在引力。

偶然的微观细节装饰必然的宏观原型的另一个例子是六种独立的恐龙谱系在进化过程中踏上同一条形态学路径。随着时间流逝，这六种恐龙都显示出相同的（必然的）形态趋势，例如侧边脚趾——爪子长骨的延伸部分——的减少，以及“手指”的缩短。我们可以将这种模式称为部分“恐龙通性”。因为这些特征在六种谱系中都有重复，因此其结构原型并不只是随机产生的。鲍勃·巴克这位电影《侏罗纪公园》中恐龙的扮演者、现实生活中的恐龙专家宣称：“这个（六种恐龙谱系的）重复相似性和趋同性的惊人案例……有力地证明了，从化石记录中观察到的长期变化是定向自然选择的结果，而不是基因变异的随机漫步。”

回到1897年，古生物学家亨利·奥斯本，一位早期的恐龙和哺乳动物专家，这样写道：“我对过去很多门类的哺乳动物牙齿的研究让我确

信，存在特定方向的基本变化趋势。牙齿的进化是由某些遗传影响预先决定的，这些影响可追溯到数十万年前。”

概括出“预先决定”的意思有重要意义。多数情况下，生命细节是偶然形成的。进化之河只决定最广泛的主要形态。我们可以认为这些主要形态就是进化的伟大原型，例如四足动物（四足性）、蛇形、眼球（球形照相机）、盘起来的肠、卵袋、扑翼、重复出现的四肢、树、尘菌和手指。它们是普遍而非特殊的形态。生物学家布莱恩·古德温论述道，“有机体的所有主要形态特征——心脏、脑、肠、四肢、眼睛、叶、花、根、躯干、分枝，这里只说明显特征，都是形态学规律自然产生的结果”，如果倒放生命的录像带，这些特征会反复出现。它们就像其他重现的原型，是大脑感知到但人们自己没有意识到的模板。“哦，这是一只蚌”，你的大脑自言自语，而你则关注颜色、手感和种类的特征。“蚌”形态——两个凸起的用铰链连接的可以闭合的半球体——是重现的原型，决定性的形态。

审视数十亿年的漫长岁月，看起来进化似乎想要创造某些构造，按照理查德·道金斯的暗示，生命想要产生眼球，因为它总是重复这项发明。在进化看似混乱的旋涡中存在一种倾向，即重新发现同样的形态，不断取得同样的结果。简直就像生命在遵守一种规则。它“需要”使某种模式物质化。甚至现实世界似乎也在偏向那个方向。

很多迹象表明人类所在的宇宙区域适合生命的形成。我们的星球与太阳距离刚好，近则可以取暖，远则避免被炙烤。地球有位大个子邻居——月球，它促使地球减慢转速以便延长单日时间并长期稳定。地球与木星共享太阳，后者充当了吸住彗星的磁铁。被彗星捕获的冰块也许还是地球海洋的起源。地球的磁核产生抵挡宇宙射线的防护罩。它的引力大小正合适，可以留住水和氧。它有一层薄薄的地壳，使板块构造运动成为现实。这些可变因素似乎都汇聚到这个不是太小也不是太大的宜居带。近期的研究表明，银河系也有宜居带。距离银



河系中心太近，行星会遭受持续的致命宇宙射线的攻击；如果太远，当恒星尘埃浓缩成行星物质时，将会缺乏生命形成所需的重元素。我们的太阳系恰好在这个宜居带的中间。再这样列举下去，可能很快就会不可避免地将地球生命的每一个方面都包括在内。一切都是完美的！有些虚假的“招聘员工”启事暗中做了手脚，只适合那个已经被内定的人，我们刚才列出的那份优势清单不久就会像这样的虚假启事一样。

这些适宜居住的因素中有些将被证明只是巧合，但是其数量和根深蒂固的性质——按照保罗·戴维斯（Paul Davies）的说法，表明“自然法则受到操控，有利于生命的形成”。按照这一观点，“晶体从饱和溶液中析出，生命以同样可靠的方式从原始浆液中产生，最终是由原子间力预先决定的”。早期的生源论（研究生物起源）先锋人物西里尔·庞南佩鲁马（Cyril Ponnamperna）相信，“原子和分子的固有属性似乎引导合成反应”向孕育生命的方向发展。理论生物学家斯图尔特·考夫曼（Stuart Kauffman）认为他用计算机对生命出现之前环境的全面模拟显示，一旦条件合适，生命形成就是不可避免的。他说，今天我们的存在属于这样一种情况，即“我们不是偶然的而是注定的”。1971年数学家曼弗雷德·艾根（Manfred Eigen）写道：“生命进化，如果是基于可推导的物理规律，应当被视为必然过程。”

克里斯蒂安·德迪夫（Christian de Duve）因为在生物化学领域的研究而获得诺贝尔奖，他的观点更加激进。他相信生命是宇宙必须完成的事。在《生机勃勃的尘埃》（Vital Dust）一书中，他写道：“生命是天定之力的产物。在这种占优势的条件下，生命注定要出现。无论何时何地，只要同样的条件存在，它就会以相似的形式出现……生命和意识的产生，不是反常事件的结果，而是物质的自然显现，事先已被编入宇宙的结构中。”

如果生命是必然出现的，为什么鱼不是？如果鱼是必然的，为什么思维不是？如果思维也是必然的，为什么互联网不是？西蒙·康韦·莫里斯推测：“数十亿年前的不可能事件现在越来越不可避免要发生。”

检验宇宙规则的一种办法是从头开始重新播放生命的录像带。古尔德把重新播放生命的录像带称为伟大的“不能做”的试验，可他错了：事实证明人们可以重现生命发展历程。

基因排序和克隆的新方法使得再现进化过程成为可能。以简单的细菌（大肠杆菌）为对象，选择一个个体，多次原样复制这个特殊的小家伙。对其中一个复制品的基因型进行排序。余下的复制品分别放入相同的培育箱，环境和输入物一模一样。让克隆的细菌在相似的容器中自由繁殖4万代。每1000代为一个段落，从中抽取一些，快速冰冻，然后对它们进化过的基因型排序。将所有容器内相似的进化后基因型作比对。随时取出一个快速冰冻的样本，使之恢复生机，再次放入相同的新培育箱中，这样今后可以随时重复大肠杆菌的进化过程。

密歇根州立大学的理查德·伦斯基（Richard Lenski）在他的实验室里开展了完全一样的实验。他发现，总的来说，多次进化产生相似的表型——细菌的外表——特征。基因型的变化大体上出现在同一位置，尽管各自的精确代码经常不同。这反映出总体形态的趋同性和细节的偶然性。伦斯基不是唯一开展此类实验的科学家。其他实验显示了相似进化过程的同样结果：每次产生的不是新生事物，而是科学论文所称的“多条进化路线的趋同性导致的相同表型”。基因学家肖恩·卡罗尔总结道：“进化可以并且的确在结构层面、方式层面以及个体基因层面重复自己……这种重复推翻了这样的观念：如果使生命历程倒回，然后重演，所有的结果将是不同的。”我们可以倒放生命的录像带，当环境不变时，结果通常被证明是大体相同的。

这些实验表明，有一条轨迹贯穿进化过程，这条长长的路径使一些不大可能的形态成为必然性事件。我需要对“不大可能的必然性”这

个悖论略作解释。

生命不可思议的复杂性掩盖了它的奇异性。今天的所有生命都来自一个古老分子的连续复制过程，这个分子的工作场所是一个活性原核细胞。虽然生命具有灿烂的多样性，但它主要是数百亿次复制之后的有效结果。与宇宙中物质和能量的一切可能形式相比，生命的解决方案只有几个。因为田野生物学家每天都会发现新的地球有机体，我们有理由对自然界的创造性和生机感到惊奇。然而与人类大脑能够想到的事物相比，多姿多彩的地球生命只占很小的部分。我们想象中的作为替代的世界随处可见远比地球生命更加多样、更具创造性、更加需要探索的生物。但是我们虚构的生物大多数永远无法出现，因为它们与物理法则完全矛盾。可能存在并且实际存在的世界比它看上去小得多。

视网膜紫质、叶绿素、DNA或人类大脑的天才分子是由某些形式的物质、能量和信息产生的，这三者的物理特性在所有“可能存在的”事物构成的世界里极其缺乏，从统计学意义上说这些事物存在的可能性非常小，几乎达到完全不可能的程度。任何有机体（以及人工制品）都是由它的组成原子按照极不可能的形式排列而成的。但是在长期的复制自组织和无休止进化过程中，这些形式从极不可能转变为极有可能，甚至不可避免。因为在现实世界，这种可扩展的创造性真正发挥作用的方式只有几种，所以进化过程一定采用了这几种方式。按照这个观点，生命是必然的不可能事物，生命的典型形态和发展阶段大部分也是如此。或者我们可以说：不可能的必然事物。

这意味着人类大脑也是进化过程不可能的必然产物。重演生命历程，它将再次创造出人脑（在其他行星或者相似时间）。斯蒂芬·杰·古尔德断言，“智人是个例，而非趋势”，他确实在倒退，不过姿态优雅。如果我们重新组合他的话语——这次从后向前，我想没有比这更加简洁的语句能够更好地总结进化的精髓：

智人是趋势，而非个例。

人性是进步，过去一直是，将来也一直是。现存的一切有机体都在发展过程中。人类更是如此，因为在所有的生物中（我们已知的），我们是最具可塑性的。作为智人的我们刚刚踏上新的进化历程。作为技术元素——加速的进化——的创造者和受益者，我们恰好是进化注定的发展方向。“我似乎是动词”，发明家和哲学家巴克敏斯特·富勒（Buckminster Fuller）曾经这样说过。

我们也可以说：技术元素是趋势，而非个例。技术元素和它的构成技术与其说像伟大的人类发明，不如说更像伟大的过程。没有任何事物是完美的，一切都在变动中，唯一重要的是运动的方向。因此如果技术元素有方向，那么它指向何处？如果更加先进的科技形式必然会出现，那么接下来将是什么？

在下一章中，我要阐述技术元素的固有趋势如何与重现形式汇合，就像生物进化那样。这一过程导致必然性发明的出现。进一步说，这些自我生成的倾向也会产生一定程度的自主性，与生物获得的自主性非常相似。最后，科技系统的这种自然发生的自主性还会创造出一系列“需求”。通过跟踪进化的长期趋势，我们可以揭示科技有什么样的需求。

---

[1] 《黑云》（The Black Cloud）是1957年出版的一部科幻小说，讲述一团巨大的黑云侵入太阳系、威胁地球生命的故事。黑云是活性有机体，具有气态大脑。——译者注

## 第七章 趋同性

### 专家导读

“趋同进化”有两个维度，一个是历史进程，它呈现出必然性；另一个是在空间的横截面上，它呈现出“同时性”。在上一章考察了趋同进化在历史进程中的必然性之后，本章凯文·凯利的注意力集中在“同时性”上。

在过去的100~200年里，重大发明、发现层出不穷。电话、电报、皮下注射器、疫苗、打字机等，这些发明的一个共同特点是，“同一时间独立产生的相同发明实例如此普遍，表明科技进化的趋同方式与生物进化一样”。

“同步”是一个迷人的问题。

如此多的巧合、偶然，似乎在反复暗示人们，即便不同地区、不同文化背景、不同社会环境的人相互隔绝，但思想和情感所关注之事，似乎并不遥远。

然而，这种貌似巧合的“同步”所隐喻的“必然性”，却遭到广泛的误解。“承认任何事物都是‘必然的’，就像逃避我们无法企及的不可见的非人类力量，在它面前举手投降。”

还有一种错误思想，认为这只不过是“科技宿命论”的翻版。

在饱览近现代天才发明家的真实历程之后，凯文·凯利指出，必然性并不意味着机械、刻板的重复，也不意味着懒汉思想，即你什么都不做，它会自动发生。在考察不同文明的进化历程后，凯文·凯利意味深长地写道：“任何物种的诞生，有赖于其他物种组成的生态系统是否准备好养分和生存空间。”

是否善于捕捉和倾听生命进化中的强劲呼声，积极投身和参与到进化的洪流中，才是“必然性”的最佳脚注，这一“趋同进化”的瑰

丽图景才会得以显现。

“我们事实上无法实现想要的跳跃式发展。”

2009年，全世界纪念查尔斯·达尔文诞辰200周年，表彰他的理论对人类科学和文化产生的影响。纪念庆典忽视了阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士（Alfred Russel Wallace），他在几乎相同的时期——150年前——创立了同样的进化理论。奇怪的是，华莱士和达尔文都是在阅读托马斯·马尔萨斯关于人口增长的著作后创建自然选择理论。在华莱士的相似发现公布后，达尔文受到鼓励，才发表他的成果。如果达尔文在其著名的航海旅行途中死去（在那个时代，这样的命运并不少见），或者在伦敦研究期间染病而死，我们将纪念华莱士的诞辰，他会成为创建这个理论的天才。华莱士是一位生活在东南亚的自然学家，同样经受多种恶疾的折磨。事实上，他在阅读马尔萨斯的著作时身染一种使人体衰弱的丛林热。即便贫穷的华莱士被这种印度尼西亚传染病彻底击垮，而达尔文也与世长辞，但从其他自然学家的笔记来看，显然还会有人得出自然选择导致进化的理论，即使他们从来不读马尔萨斯的著作。有人认为马尔萨斯本人已接近产生这种思想。这些人不会以同样的方式论述这一理论，不会提出同样的论点，也不会引用同样的证据，但是无论如何今天我们都会纪念自然进化论诞生150周年。

看似巧合的事物在科技发明和科学发现领域反复出现很多次。亚历山大·贝尔和伊莱沙·格雷（Elisha Gray）都在1876年2月14日这一天申请电话专利。这种不大可能发生的同步性（格雷比贝尔提前3小时申请）导致两人相互指责对方存在间谍、剽窃、贿赂和欺诈行为。格雷听信了其专利律师的草率建议，抢先一步递交申请，因为电话技术“不值得严肃对待”。可是不论获胜的是贝尔王朝还是格雷王朝，我们都会在大街小巷布满电话线，因为尽管贝尔获得了专利权，但在格雷之外还有发明家若干年前已经研制出可工作的电话模型。事实上，早在十多年前，也就是1860年，安东尼奥·梅乌奇（Antonio Meucci）已经为

他的“远距离传音”技术申请了专利，采用的原理与贝尔和格雷的相同，但是他英语很差，家中贫困，又缺乏商业头脑，1874年他未能延长专利期限。在他们之后不久，无可匹敌的托马斯·爱迪生登上历史舞台，虽然因为无法说明的原因，他没有在电话竞赛中获胜，但在1877年发明了可用于电话的麦克风。

1901年，《电的时代》（The Age of Electricity）的作者帕克·本杰明（Park Benjamin）评论道：“重点不是一项重要的电器发明诞生了，而是多人宣称发明电话的荣誉应归于他。”对于任何领域的任何类型探索的历史，只要深入挖掘足够的资料，就会发现申请第一优先权的不止一人。实际上，人们很有可能发现，每一件新生事物都有很多“父母”。第一次观察到太阳黑子的不是两个人，而是4名独立观测者，包括伽利略，时间都在1611年。我们知道温度计有6位不同的发明人，皮下注射针头有3位。爱德华·詹纳（Edward Jenner）之前有4位科学家各自独立地发现了接种疫苗的功效。肾上腺素有4次被“首次”分离。3位不同的天才发现（或者说发明）了小数。电报被约瑟夫·亨利（Joseph Henry）、塞缪尔·莫斯（Samuel Morse）、威廉·库克（William Cooke）、查尔斯·惠斯顿（Charles Wheatstone）和卡尔·施泰因海尔（Karl Steinheil）反复发明。法国人路易·达盖尔（Louis Daguerre）以摄影技术发明者著称，但还有3人——尼塞福尔·涅普斯（Nicephore Niepce）、赫尔克里士·弗洛伦斯（Hercules Florence）和威廉·亨利·福克斯·塔尔博特（William Henry Fox Talbot）——也各自研究出同样的技术。对数的发明通常归功于两位数学家——约翰·内皮尔（John Napier）和亨利·布里格斯（Henry Briggs），可事实上，第三位数学家约斯特·比尔吉（Joost Burgi）比他们早3年发明对数。英美两国都有若干发明家同时制造出打字机。两位科学家于1846年分别预测出第八颗行星海王星的存在。再看3个化学例子，氧的液化、铝的电解和碳的立体化学分别被多人发现，这3个例子中每一项同步发现的时间相差大约不到1个月。

哥伦比亚大学社会学家威廉·奥格本和多萝西·托马斯梳理了科学家的传记、通信和笔记，收集能够找到的1420～1901年间的全部相似发现和发明。他们写道：“蒸汽轮船被认为是富尔顿、茹弗鲁瓦、拉姆齐、史蒂文斯和西敏顿的‘独家’发明。至少有6人，分别是戴维森、雅各比、莉莉、达文波特、佩吉、霍尔，宣称独立研发出铁路电气化技术。有了铁路和电力机车，铁路电气化难道不是必然要出现的吗？”

必然！这个词再次出现。同一时间独立产生的相同发明实例如此普遍，表明科技进化的趋同方式与生物进化一样。假如的确这样，现在如果我们倒回历史的录像带并重放，那么每次重播时，原本完全相同的发明序列应该按照极其相似的顺序依次展开。所有科技发明将必然出现。典型表现形式的产生进一步表明，这样的技术创新是有方向的，带有倾向性。这种倾向性一定程度上独立于人类发明者。

确实，在所有科技领域，我们常常看到独立的、相同的、同时出现的发明。如果这种趋同性标志着新发明具有必然性，那么发明家便只是必然出现的发明的媒介。那样我们会认为，这些发明家即便不是随机出现的，至少也是可替换的。

这正是心理学家迪安·西蒙顿的研究结果。他根据奥格本和托马斯制作的1900年之前的同步发明目录，加入其他几份相似的列表，从中总结1546件发明的相似模式。西蒙顿标示出2人同步发明的数量，接着是3人、4人、5人、6人。6人同步发明的数量自然较少，而这些多人发明之间的精确比率构成了统计学所谓的泊松分布模式。这个模式也是DNA染色体变异和其他小概率事件在大量可能事件中分布的模式。泊松曲线表明，“谁发明了什么”这个系统本质上是随机分布的。

当然，天赋是不对等分布的。有些创新家（例如爱迪生、牛顿和威廉·汤姆森·开尔文）的确比其他人更优秀。但是，如果这些更优秀的发明家的天才不能把必然性远远甩在身后，那么他们如何成为伟大人物？西蒙顿发现，越有声望的科学家（根据他的生平介绍在百科全书



所占页数判断），参与的同步发明数量越多。开尔文拥有30项与其他人同时发现的科技成果。伟大的探索者不仅独自贡献了多于平均数的“未来”事物，而且还参与研究影响力最大的事物，这些事物自然涉及那些吸引了很多参与者因此导致多人同步发明的研究领域。如果说探索相当于买彩票，那么成就最大的那些探索者花了很多钱下注。

西蒙顿的历史案例系列揭示了这样的现象：重复创新的数量随时间推移而日益增加，也就是说同步发现新事物的频率越往后越高。几个世纪以来，新观念产生的速度越来越快，也造成同步发现加速。同步性程度也在提高。多人同步发现的第一次和最后一次之间的时间差几百年来不断缩小。过去，从公开宣布一项发明或发现到最后的相关研究者听到这个消息，可能已经过去10年。这样的时代早已远离。

同步性不是过去通信手段落后时独有的现象，现今依然大量存在。美国电话电报公司贝尔实验室的科学家1948年发明晶体管，后来因此获得诺贝尔奖，而两位德国物理学家比贝尔实验室的科学家晚两个月在巴黎的西屋实验室独立发明晶体管。大众将“二战”最后几年发明可编程二进制计算机的荣誉授予约翰·冯·诺伊曼，可是该发明的理念和投入使用的穿孔纸带样机几年前——即1941年——由康拉德·楚泽（Konrad Zuse）在德国完全独立地开发出来。作为现代同步性一个可证实的例子，楚泽开创性的二进制计算机在美国和英国被完全忽视，直到几十年后才引起注意。喷墨打印机两次被发明：一次在日本，发明者是佳能实验室；一次在美国，发明者是惠普公司。1977年这两家公司在数月内分别申请关键技术的专利。“整个发明史就是由一连串无休止的同步性案例组成的，”人类学家阿尔弗雷德·克罗伯（Alfred Kroeber）写道，“也许有人从这些定期发生的事件中看到的只是反复无常的意外事件无目的地上演，但也有人开始从这些事件中领悟能够激发灵感的伟大的必然性，它凌驾于个人命运之上。”

“二战”期间与核反应堆相关的严格的战时保密政策为回顾科技必然性提供了堪称典范的研究材料。全世界各自独立的核科学家小组为驾驭核能而相互竞赛。因为这种能源具有明显的军事战略优势，各小组要么作为敌人互不往来，要么作为谨慎的盟友而装聋作哑，要么虽在同一国家，但因为“按需知密”的保密政策而相互隔离。换句话说，开发核反应堆的历史在7个小组中间同步展开。每个独立小组内部高度协同完成的工作成果被完整记录下来，而且他们成功通过技术开发的多个阶段。回顾历史，研究者可以追踪相同发现所经历的同步过程。说一个具体的例子。物理学家斯宾塞·沃特（Spencer Weart）研究了其中6个小组如何相互独立地发现制造核弹的一个重要公式。这是四因子公式，帮助工程师计算链式反应所需的临界质量。法国、德国、苏联的小组以及美国的3个小组同步但又独立地开展研究，并同时发现这个公式。日本已经接近，但未能完成。这种高度同步性——6人同步发现——有力地证明在当时这个公式的发现是必然事件。

然而，当沃特分析每个小组最后得出的公式时，发现它们有所区别。不同国家使用不同数学符号表示这个公式，强调不同的因子，假设条件和对结果的说明不同，对小组的总体科研水平的重视程度也不同。事实上，有4个小组认为该公式是纯理论的，基本予以忽视。只有两个小组把这个公式整合到实验工作中，其中一个小组成功地制造出了核弹。

这个公式的精华部分具有必然性。无可争议的是，如果一个小组没有发现这个公式，其他五个小组也会发现。可是公式的具体表述并不都是必然的，主观描述可能产生很大差异。（美国将该公式付诸实践，它的政治命运与那些未能运用这项成果的国家迥然不同。）

牛顿和莱布尼兹被誉为微积分的发明人（或发现人），可事实上他们的计算方法不同，只是随着时间流逝两种方法殊途同归。约瑟夫·普里斯特利（Joseph Priestley）产生氧气的方法与卡尔·舍勒（Carl

Scheele) 的不同, 他们采用不同的逻辑开启了同一个必然的新阶段。两位天文学家 (约翰·柯西·亚当斯和于尔班·勒维耶) 正确预测到海王星的存在, 实际上他们计算的行星轨道并不相同。1846年两条轨道恰好重叠, 因此他们通过不同的方式找到同一个主体。

不过, 从统计学看, 此类轶事难道不更像是巧合吗? 考虑到发明册上的数百万条记录, 难道我们不应该预计到总有一些发明会同时发生吗? 问题在于, 大多数多人同步发明没有被报道。社会学家罗伯特·默顿 (Robert Merton) 说: “所有单人发明都是即将产生的多人发明。”他的意思是, 当第一个成果问世的消息公之于众时, 很多潜在的多人发明就被放弃了。1949年在数学家雅克·阿达马 (Jacques Hadamard) 的笔记中发现这样一条典型的记录: “在启动对一组特定问题的研究后, 看到几位学者已经开始涉足同一课题, 我就放下它, 转而研究其他问题。”科学家要么是记录了他们的发现和发明, 但因为忙碌而没有发表, 要么是自己对结果不满意。只有杰出人物的笔记经过仔细分析, 因此除非你是卡文迪许或高斯 (两者的笔记披露了若干未公布的多人发明), 否则你的未经报道的理念绝不会载入史册。更深入的同步研究被隐藏在公司或国家级秘密工作中。因为害怕竞争者窃密, 很多成果没有发布。直到最近, 很多重复发现和发明的案例仍然鲜为人知, 因为它们是用晦涩难懂的语言发表的。一些同时产生的发明不被认可, 是因为发明者用难以理解的技术语言进行描述。有时, 一项发现与大众认知背道而驰, 或者政治立场不正确, 于是被人们忽视。

而且, 一旦某项发现被公之于众, 并进入广为人知的知识殿堂, 此后所有得出同一结果的研究将被视为对最初成果的进一步证明——不管获得该结果的实际过程是怎样的。一个世纪前, 通信的问题在于速度慢, 莫斯科或日本的研究者也许几十年后才得知英国人的发明。今天的问题则是数量太多。这么多领域这么快速地出现这么多的已发表成果, 以至于人们很容易忘记哪些发明已经存在。总是有重复发明

独立产生，有时几个世纪后出现，纯粹是由于无知。可是因为这些翻版的独立性难以证实，因此只被当做原版的支持者，但不能作为必然性的证据。

迄今为止，无处不在的发明同步性最强有力的证据是科学家自己的印象。大多数科学家认为被其他从事相同研究的人抢先发表成果是不幸的令人痛苦的常事。1974年，社会学家瓦伦·哈格斯特伦（Warren Hagstrom）访问了1718位美国学者，询问是否曾经遇到过自己的研究被其他人抢先开展或者取得成果的情况。他发现46%的人相信，他们的研究工作有“1次或2次”被别人先行一步，16%的人声称遇到过3次以上被他人抢先的情况。另一位社会学家杰里·加斯頓（Jerry Gaston）调研了203位硕果累累的英国物理学家，得出相似的结果：38%声称有1次被他人抢先，有26%超过1次。

科学家重点关注前人的研究工作和恰当的荣誉，与之不同，发明家往往未经系统研究过去的成果就勇往直前。这意味着在专利局看来，重复发明是常有的事。发明家申请专利时，需要引证此前的相关发明。被调查的发明家有1/3宣称在进行发明时不知道此前有人申请了相关专利。直到准备申请书时，需要填写“现有技术”，他们才去了解竞争性专利。更让人吃惊的是，1/3的人声称在调研人员告知之前，不清楚自己的申请书中列举了哪些已有发明。（这是完全有可能的，因为专利引证可能是发明人的专利律师甚至专利局审查员完成的。）专利法学者马克·莱姆利（Mark Lemley）评论道，在专利法领域，“相当一部分优先权纠纷涉及近似同步发明”。布兰迪斯大学的亚当·杰夫（Adam Jaffe）开展过一项关于近似同步发明优先权纠纷的研究，结果显示45%的案例中，当事双方都可以证明在相差不到6个月时间内研制出该发明的“工作样机”，70%的案例中相差时间不超过1年。杰夫写道：“这些结果为下面这一观点提供了支持，即同步或近似同步发明是创新的固定特征。”

这些同步发明中隐藏着必然性的气息。当基础技术的必备网络建立起来时，毗邻的新技术似乎在同一时刻就产生了。如果甲发明家没有研制出来，乙发明家将会成功。不过各项技术将依照合理的顺序出现。

这并不是说，具有乳白色完美外表的iPod是必然性发明。我们可以认为，麦克风、激光、晶体管、蒸汽轮机和水车的发明以及氧气、DNA和布尔逻辑的发现在它们出现的大致年代都是必然性事件。然而，麦克风的具体样式和精确电路、激光的特殊产生方法、晶体管的特殊材料、蒸汽轮机的尺寸、化学方程式的专用符号，诸如此类的任何发明的具体表现形式，都不是必然的。确切地说，因为发明者的个性、手边的原材料、文化或社会背景、财力支持和运气的影响，这些表现形式变化幅度相当大。安装在椭圆形真空灯泡内的一卷钨丝产生的光不具备必然性，但是白炽电灯泡是必然性事物。

白炽电灯泡的一般概念可以从所有具体细节中抽象出来，这些细节——电压、钨丝强度、灯泡类型——可以有所变化，但产生的结果是一样的，本例中，结果是电带来的光明。这个一般概念与生物的典型形态相似，而概念的具体物质形式更像物种。典型形态由技术元素的发展轨迹决定，而物种是偶然的。

白炽电灯经历了多次发明、重复发明、联合发明，甚至“首次发明”。在《爱迪生的电灯：一项发明的历史》（Edison's Electric Light: Biography of an Invention）一书中，罗伯特·弗里德尔（Robert Friedel）、保罗·伊斯雷尔（Paul Israel）和伯纳德·芬恩（Bernard Finn）列举了爱迪生之前的23位白炽灯发明家。我们说爱迪生正好是电灯最后的“首位”发明人，这样也许更公平。这23种灯泡（在其发明者看来都是原创发明）表现“电灯泡”这一抽象概念的具体形式五花八门。不同的发明者采用了不同外形的灯丝、不同的电线材料、不同的电量、不同的底座方案。可是他们不约而同地以一种典型设计为蓝

本。我们可以认为这些样机是23种尝试，用以表现具有必然性的灯泡的一般概念。



图 7-1 灯泡的各种样式。3 种独立发明的电灯泡：爱迪生的、斯旺的、马克西姆的

不少科学家和发明家，以及很多边缘科学，受到科技进步是必然的这一理念的打击。这个理念用错了地方，因为它与一种广泛传播、影响深远的观念发生矛盾：人类选择权是人性的核心，对可持续文明具有至关重要的意义。承认任何事物都是“必然的”就像逃避我们无法企及的不可见的非人类力量，在它面前举手投降。如果这样错误的认知占据我们的思想，将削弱我们的意志，使我们放弃创造自己命运的责任感。

还有人认为，如果科技的确具有必然性，那么我们只有虚幻的选择权，我们应该粉碎所有科技，摆脱魔咒的困扰。后面我将论述这些主要的忧虑，但现在将就这一持久的信念探讨一种奇怪的现象。虽然很多人宣称，他们相信科技宿命论的理念是错误的（无论就这个词的何种意义来说），可他们的行为表现得并不一致。不管他们如何理性地看待必然性，经验告诉我，所有发明家和创新家都表现得似乎他们自己的发明和发现马上就要被别人捷足先登。我所知的每一位创新家、发明家和发现者都抢在别人前面匆忙推广他们的理念，或者心急

如焚地先于竞争对手申请专利，或者在同类事物出现之前急忙完成自己的杰作。过去的200年里，是否曾经有一位发明家感觉到没有其他人会抢走他的灵感（而且他的感觉没错）？

内森·麦沃尔德（Nathan Myhrvold）是一位博学之士，也是多产的发明家，过去在微软指导快速研究，但他想在数字技术之外的领域——如外科手术、冶金学或考古学——加快创新步伐，在这些领域，所谓的创新经常是重复已有的思想。麦沃尔德聘用了由高智商创新者组成的跨学科小组，围坐在一起，畅想可申请专利的理念。这些集思广益的短期内收集的点子每年将产生1000个专利。2009年4月，马尔科姆·格拉德威尔（Malcolm Gladwell）在《纽约客》杂志上简要介绍了麦沃尔德的公司，他的观点是，这家公司找来一批天才不是为了发明伟大的新事物。一旦某个理念向外传播，就会不可避免地表现为多种形式，只需要足够数量的富有创造力的聪明人开始捕捉这些形式。自然，还需要大量专利律师为批量生产的思想申请专利。格拉德威尔评论道：“天才不是真知灼见的唯一来源，他只是一个高效率的来源。”

格拉德威尔从未抽出时间询问麦沃尔德，他的实验室发明有多少被证明是其他人也想到的，于是我问麦沃尔德，他回答：“哦，就我们所知的，大约20%。我们只为1/3的想法递交了专利申请。”

如果相似发明很常见，那么甚至麦沃尔德建造专利工厂的绝妙主意也应该同时有其他人想到。当然有。在知识风险公司<sup>[1]</sup>成立之前的几年时间里，互联网企业家杰伊·沃克（Jey Walker）创建了沃克数字实验室。沃克因发明“价格线”而闻名，这是一套用于预订酒店和飞机航班的“客户自主定价”系统。在自己的发明实验室里，沃克建立起制度化流程，由聪明的专家组成的跨学科小组按照这个流程围坐苦思未来20年左右——专利期限——能产生价值的创意。他们从想出的点子里挑选了数千个，再精选出最后要申请专利的。有多少创意因为他们或专利局发现已被他人“先占”（法律术语，意为“抢先申请”）而被

放弃？“与领域有关，”沃克说，“如果是正在产生大量创新的相当活跃的领域，例如电子商务，并且准备申请专利的创意属于‘工具’类，那么它有100%的可能性被考虑过。我们发现专利局把大约2/3的有争议专利判为‘先占’专利，驳回申请。其他领域，例如游戏发明，大约1/3因为存在现有技术或其他发明人而受阻。可是如果该项发明是复杂系统，属于罕见领域，同类发明不会有很多。瞧，大多数发明是时间问题……何时，而非是否。”

丹尼·希利斯，另一位博学之士和多产发明家，是创新原型商店“应用思维”的共同创始人，这也是一个点子工厂。也许你会从名字上猜测，他们雇用聪明人开展发明创造。企业的宣传词是“大主意小公司”。和麦沃尔德的知识风险公司一样，他们在交叉学科领域创造大量理念：生物工程、玩具、计算机视觉、游乐车、军事控制室、癌症诊断和绘图工具。有些理念以原版专利的形式出售，其他则扩展为机器实物和操作系统。我问希利斯：“你们的点子中各有百分之多少是后来发现有人先于你们想到、与你们同时想到甚至在你们之后想到的？”希利斯用了一个比喻作为回答：把同步性倾向比做漏斗。他说：“也许有数以万计的人同时想到同一发明的可能性，但10人当中不到1人会设想如何实现。在那些思考过怎样实现的人中，只有1/10真正详细考虑实际细节和具体方案。而在这批人中，又只有1/10将构思付诸行动并长期坚持。最终，怀有相同想法的数万人当中通常只有1人使这项发明成为文化的一部分。在我们的实验室，我们按照预期的比例开展上述所有层次的探索。”换句话说，在概念阶段，同步性无处不在、不可避免，你的聪明点子会有很多共同渊源。每提高一个层次，共同渊源就会减少。当你努力将一个主意引入市场时，也许会感到形单影只，但你不过是由其他拥有同一想法者构建的大金字塔的塔尖（见表7-1）。



表 7-1 发明的倒金字塔。随着时间流逝，每个层次涉及人数减少

发明人数	阶段	任务	举例
10 000~1 000	思考可能性	意识到实现机会	我们应该用电照明
1 000	如何实现	设想方案的关键因素	密封玻璃泡内的白炽金属丝
100	具体细节	选择具体实现方案	焊成一体的钨丝，真空泵，焊接排气口
10	工作设备	证明解决方案确实可行	斯旺、拉迪莫、爱迪生、戴维等人的样机
1	实际应用	说服世界接受你的成果	爱迪生的灯泡（和电力系统）

任何理智的人看到这样的金字塔，都会说灯泡投入使用的可能性为100%，尽管爱迪生成为发明人的概率仅为1/10000。希利斯还指出另一个后果：具体操作过程的每个阶段可以招募新人，从事后期艰苦工作的人也许不包括最早的理念先锋。考虑到人数减少幅度之大，这些数字表明，这样的可能性不大：将该发明投入应用的第一人也是持有该想法的第一人。

解读表7-1的另一种思路是意识到理念开始是抽象的，在以后的时间里越来越具体。一般概念在渐渐具体化的同时，必然性在降低，越来越受到制约，也越来越符合人类意愿。只有发明或发现的观念本质是必然的。这个本质（椅子的“椅子通性”）如何在现实中展现（胶合板制成，或者加上圆形靠背），具体细节可能变化多端，这有赖于发明者手边的现有资源。新观念越抽象，通用性和同步性越强（数万人共同参与）。当它逐步经过若干阶段的具体化，成为非常特殊的物质形态时，共同参与的人越来越少，可预测性越来越低。没有人可以预测首个适合销售的灯泡或晶体管芯片的最终设计方案，尽管它的概念是必然的。

爱因斯坦这样的伟大天才持有什么观点？他不是反驳了必然性概念吗？通常认为，1905年爱因斯坦公之于世的关于宇宙本质的极富创造力的思想远远超出普通人的理解范围，远远领先他的时代。如果他

没有来到人世，也许直到一个世纪后的今天，世界也不会产生他所提出的相对论。毋庸置疑，爱因斯坦是独一无二的天才。可是一如既往，其他人也在致力于研究同样的难题。研究光波的理论物理学家亨德里克·洛伦兹（Hendrik Lorentz）1905年提出一种时空的数学结构，正是爱因斯坦发表相对论的同一年。1904年法国数学家亨利·庞加莱（Henry Poincare）指出，不同体系中的观察者用钟表“记录的是我们所谓的当地时间”，并且“由于相对性原理，观察者无法知道他处于静止还是绝对运动中”。1911年诺贝尔物理学奖获得者威廉·维恩（Wilhelm Wien）向瑞典委员会建议，洛伦兹和爱因斯坦应共同获得1912年的诺贝尔奖，以表彰他们对狭义相对论的研究工作。他告诉委员会：“洛伦兹应当被视为建立狭义相对论数学模型的第一人，而爱因斯坦成功地将其浓缩为简单原理。因此人们应该认为两位研究者的成就旗鼓相当。”（但那一年两人都没有获奖。）不过，按照沃尔特·艾萨克森——创作过一部关于爱因斯坦理念的优秀传记《爱因斯坦：他的生命和宇宙》（Einstein: His Life and Universe）——的说法，“甚至在洛伦兹和庞加莱阅读了爱因斯坦的论文之后，也从未实现爱因斯坦那样的飞跃”。爱因斯坦的特殊天赋应用在相对论领域，产生了难以想象的深刻见解，艾萨克森对此表示敬佩，但他承认：“其他人也能创建这一理论，只是至少10年甚至更长时间内是做不到的。”因此人类最伟大的偶像级天才能够超越必然性，也许超出了10年。对于其他人，必然性仍然按时发生作用。

技术元素的轨道在某些领域更加稳定。根据数据，西蒙顿写道：“数学的必然性比物理学明显，最明显的是技术尝试。”出现在歌曲、写作、媒体等领域的艺术创新是个性化创造力的源泉，似乎与必然性针锋相对，但也不能完全跨越命运之河。

好莱坞电影有个令人头疼的习惯，即成对上线：两部内容相似的电影同时在影院放映，例如反映小行星撞击毁灭世界的《天地大冲撞》和《绝世天劫》，反映蚂蚁英雄的《虫虫特工队》和《蚁哥正

传》，反映性格坚毅的警察和他心不甘情不愿的笨蛋搭档的《妙探狗福星》和《特纳和霍奇》。这种相似性来自同时迸发的天才，还是贪心驱使下的剽窃？音像制品行业和出版业的若干规律中有一条是，卖座电影或畅销小说的创作者将很快受到起诉，被指控剽窃他人的灵感。有时确有剽窃行为，但经常只是两位作者、歌手或者导演在同样的时间创作出同样的作品。图书馆管理员马克·邓恩（Mark Dunn）写过一部戏剧——《弗兰克的生活》（Frank's Life），1992年在纽约城一家小剧院里上演。该剧描写了一个不知道自己的生活是真人秀节目的家伙。在控告1998年电影《楚门的世界》的制片人时，邓恩列举了两个故事的149个相似点，后者是一部讲述一个家伙不知道自己的生活是真人秀节目的电影。然而，《楚门的世界》制片人声称他们从1991年开始就拥有受版权保护且注明日期的电影剧本，比《弗兰克的生活》上演早一年。由此我们很容易相信：一部关于不明就里的现实电视英雄的电影，其灵感的产生是必然的。

塔德·弗兰德（Tad Friend）在《纽约客》发表文章，解释了电影内容趋同的问题，他启发道：“侵犯版权诉讼最让人头疼的部分是，电影公司如此频繁地试图证明他们的故事借鉴颇多，因此不可能从单一来源剽窃而来。”电影公司真正的意思是：这部电影的每个部分都是偷自公开的文学作品情节、故事、话题或笑话的陈词滥调。弗伦德继续说道：

也许你认为人类的集体想象力可以激发出多种虚构的追踪龙卷风的方法，但似乎只有1种。斯蒂芬·凯斯勒（Stephen Kessler）为电影《龙卷风》起诉迈克尔·克莱顿（Michael Crichton）时，因为一件事而心神不宁：他关于龙卷风追踪者的剧本《追风》中，在旋风经过的道路上放置了称为Toto二代的数据采集器，就像《龙卷风》中的数据采集器Dorothy一样。辩护方指出，几年前另外两位作家创作的名为《龙卷风》的剧本提到了被称为Toto的装置，不可能这么巧合。

故事情节、话题和俏皮话一旦披上文化外衣，也许就产生了必然性，但我们渴望看到完全出乎意料的创作。有时我们相信艺术作品必须具备真正的独创性，而不是墨守成规。它的模式、基础和主题来自与众不同的人类思维，释放出独一无二的光芒。举一个产生独创性故事的独创性思维的例子：想象力丰富的《哈利·波特》系列的作者J·K·罗琳。1997年罗琳发表的《哈利·波特》获得巨大成功，之后她受到一位美国作家的指控但法院最终驳回了该指控，该作家13年前出版过一套儿童故事丛书，主人公叫拉里·波特，是父母双亡的魔法师男孩，戴着眼镜，身边都是麻瓜。1990年尼尔·盖曼创作了一部漫画，书中，一名黑发英国男孩在12岁生日时发现自己是魔法师，并且从一位有魔力的拜访者那里得到一只猫头鹰。或者想想简·约伦1991年的故事，主人公亨利加入为年轻魔法师开办的魔法学校，必须推翻一个邪恶的巫师。接着是1994年出版的《13级台阶的秘密》（The Secret of Platform 13），讲述一个铁路站台上隐藏着通向神奇地下世界的入口。当J·K·罗琳声称她没有读过上述任何故事情节（她举例说明，关于麻瓜的书极少被印制，市场上几乎没有，盖曼的青少年漫画通常对单身母亲没有吸引力）时，我们有很多理由相信她，并且有更多理由接受这一事实，即这些灵感同时自发地产生于创作过程。艺术领域与科技领域一样，总是存在多人创新，但没有人自寻烦恼去记录相似点，除非涉及巨额财富或名声。因为有大量财富围绕《哈利·波特》，我们发现——尽管听起来有些奇怪：身边有猫头鹰的魔力男孩在魔法学校上课，从火车站平台进入他们的另类世界，这一类原本有具体情节的故事在此刻成为西方文化中的必然性事物。

正如科技领域一样，当文化溶剂准备好时，艺术形式的抽象核心就会具体化为文化的一部分。这个过程也许不止出现一次。但是任何特定的作品都会展现出不可替代的神韵和个性。如果罗琳没有创作《哈利·波特》，其他人也会写出大体相同的故事，因为这么多人已经构思出相似的情节。但是《哈利·波特》原作在细节上精致独特，除了

罗琳，没有其他人可以写出来。像罗琳这样的个人的特殊才华不是必然的，作为整体的技术元素展现出来的能力才是必然的。

就像生物进化那样，任何被贴上必然性标签的事物都难以证实。要让证明过程有说服力，必须不止一次重复某个进程，每次得出的结果都相同。你必须向持怀疑态度的人显示，不管系统受到什么干扰，它都会产生相同的结果。宣称技术元素的长期轨迹是必然的，意味着要证明：如果我们重演历史，同样的典型发明会再次出现，相对顺序大致相同。没有可靠的时间机器，就不会有无可置疑的证据，但我们的确掌握3种有力证据，表明科技的发展之路存在必然性：

- 1.我们发现，任何时期的大多数发明和发现由多人独立完成。

- 2.我们发现，在古代，不同大陆存在独立的科技时间表，但单项的排列顺序趋向固定。

- 3.我们发现，在现代，一系列进步难以阻挡、偏离或变更。

关于第一点，我们有非常清晰的现代记录：同步发现在科技领域是常态现象，在艺术领域尚不清楚。关于第二点——古代这条线，证据更难发现，因为需要在没有文字的年代搜寻观念。我们必须依靠考古文献里记载的陪葬品的启示。有些启示表明独立探索同时产生相同的一系列发明。

在迅捷的通信网络覆盖全球、提供令人吃惊的即时通讯之前，不同大陆的文明进程基本上独立展开。在地壳板块上漂移的大陆都是巨大的岛屿。这种地理构造形成了检验同步性的实验室。从5万年前现代智人诞生到公元1000年海上航行和陆地通信有所发展，这段时期4个主要大陆——欧洲、非洲、亚洲和美洲——的一系列发明和发现各自独立产生。

史前时代，创新每年的扩散距离也许只有几英里，需要几代人的时间才能翻越一条山脉，几个世纪才能穿越一个国家。诞生在中国的发明可能经历一千年到达欧洲，从未传播到美洲。数千年时间里，非洲的发明慢慢传入亚洲和欧洲。美洲大陆和澳大利亚因为无法通过海洋而与其他大陆隔绝，直到帆船时代这种状况才被改变。输入美洲的一切技术在较短的时间窗内——公元前20000年至公元前10000年——经大陆桥进入，此后几乎不再有任何输入。澳大利亚的所有外来技术也是经由时间短暂的大陆桥——距今3万年前断开——传入，之后只有零星的传播。观念主要在单个大陆内部循环。2000年前社会发明的伟大摇篮——埃及、希腊和累范特——正好位于各大陆之间，这使得这些汇合点通常意义上的边界失去作用。但是，尽管交接地带成为前所未有的快捷的中转站，各种发明仍然缓慢地在大陆内部循环，很少跨越海洋。

当时技术交流被迫隔绝的状况给我们提供了回顾科技发展的途径。根据考古证据，吹箭筒被发明了两次，一次在美洲，一次在东南亚岛屿，外界对这两个偏远地区一无所知。这种高度隔离使吹箭筒的产生成为两个无关联地区趋同发明的典型案例。不出意料，这两个地区箭筒的设计相似——中空管，通常切割成两半绑在一起。它其实是竹管或植物块茎做成的管，简单得不能更简单了。值得注意的是组成吹箭筒的发明和创新几乎完全一致。美洲和亚洲部落都使用同种类型的带纤维衬垫的飞镖，末端都涂抹了令动物致命但不污染肉质的毒汁，飞镖都装在羽毛管里，防止有毒的镖尖刺伤皮肤，发射飞镖时都做出类似的特殊姿势。管越长，轨迹越精准，但瞄准时抖动也越大。因此，美洲和亚洲猎手的持管姿势都经过训练：双手靠近嘴，肘部向外，小范围旋转管的发射端。每转一小圈，镖尖会短时间瞄准目标。这样，精准度就不过是优雅地选择发射时机的问题了。这一整套装置两次出现，就像在两个世界发现的双胞胎。



图 7-2 吹箭筒文化的相似点。亚马孙（左）部落的  
箭筒射击姿势与婆罗洲（右）部落比较

史前时期，相似的发展历程一遍又一遍地重复出现。我们从考古记录中得知，西非的能工巧匠比中国早几个世纪发明了铁器。事实上，铜器和铁器在4个大陆独立出现。美洲原住民和亚洲人各自独立驯养美洲驼和牛这样的反刍动物。考古学家约翰·罗编辑了一份两个相距12000公里的文明共有的60项文化创新清单，这两个文明是地中海沿岸文化和安第斯高原文化。这份相似发明清单包括弹弓、用捆扎好的芦苇制成的船、带手柄的圆形铜镜、尖头铅锤和鹅卵石计数板——也就是我们所说的算盘。不同社会重复出现的发明是常态现象。人类学家劳里·戈弗雷和约翰·科尔总结道：“文化演变在世界各地遵循相似的轨迹。”

不过，也许古代不同文明间的交流远比我们想象的多。史前时期的贸易非常活跃，但不同大陆之间的贸易仍然稀少。虽然如此，几个小众理论在证据很少的情况下宣称，中美洲文明保持着与中国的大规模跨洋贸易。其他推测认为玛雅文明和西非、阿兹特克和埃及（丛林

中的金字塔）进行广泛的文化交流，甚至玛雅人和维京人之间也有这样的关系。大多数历史学家认为，这些可能性以及关于1400年之前澳大利亚和南美、非洲和中国深度持久关系的相似理论都不太可信。除了几种艺术形式具备某些表面相似点外，没有任何考古经验证据或文献资料表明古代存在持续的跨洋联系。即使有几艘从中国或非洲出发的船到达了——比如，哥伦布到来之前的新大陆海岸，这些偶然的登陆也不足以孕育我们发现的诸多相似之处。北澳大利亚原住民用手缝制的带有倾角的树皮独木舟与美洲阿尔冈昆人的手缝带倾角树皮独木舟出自同一来源，这种可能性非常小。相反，更有可能的情况是：它们是趋同发明，各自独立产生。

纵览各大陆发展历程，我们可以看到相似的发明序列。世界各地所有技术进程都符合明显相似的顺序。石片发明之后是火的控制，接着是石刀和石球武器。接下来是赭土颜料、埋葬尸体、捕鱼器具、轻型抛射工具、在石上打孔、缝纫、雕像雕刻品。这个序列相当统一。刀尖总是在火的使用之后产生，尸体埋葬总是在刀尖之后，弯拱技术总是先于粘接技术。有很多序列是“自然”过程。制作斧子前，显然需要掌握刀刃技术。纺织总是在缝纫之后，因为任何类型的织物都需要线。但是其他很多排序不存在简单的因果逻辑。为什么岩画作品总是先于缝纫技术出现？目前还没有公认的原因，尽管每种文明都是这样。金属制品没有理由一定产生于陶土制品（陶器）之后，可是事实总是如此。

地理学家尼尔·罗伯茨（Neil Roberts）分析了4块大陆上人类驯养谷物和动物的相似过程。因为每块大陆潜在的天然生物资源差异非常大（贾里德·戴蒙德在《枪炮、病菌与钢铁：人类社会的命运》一书中详细探讨了这一主题），导致多块大陆出现只有一些本土谷物或动物物种首先实现家养的情况。与此前的猜想相反，农业和畜牧业不止一次独立形成并在全世界传播。正如罗伯茨阐述的那样，更准确地说，“全面的生物考古证据显示，驯化技术在全球扩散主要发生在过去的



500年间。基于3种重要谷物——小麦、稻米和玉米——的农耕体系都有独立的起源中心”。目前的共识是农业被（重复）发明了6次。这里的“发明”指的是一系列新技术，一连串生物驯化和工具。各地区发明和驯化的顺序近似。例如，多块大陆上的居民在养骆驼之前已经开始养狗，种植谷物之后才开始种植块茎作物。

考古学家约翰·特伦（John Troeng）记录了农业出现之后的53种史前发明，它们独立产生次数不止2次，而是3次，分别在3个与世隔绝的偏远地区：非洲、欧亚大陆西部和东亚/澳大利亚。其中22项也被美洲居民开发出来，意味着这些发明同时在4块大陆诞生。这4个地区分隔程度非常高，足以令特伦相信起源于这些大陆的所有发明都具有独立的趋同性。就像科技始终表现的那样，一项发明为后来者奠定了基础，技术元素的每个领域都按照似乎预先确定的顺序进化。

在一位统计学家的帮助下，我分析了这53项发明的4种序列的相似程度，发现它们与标准序列的关联度是：3个地区系数为0.93，全部4个地区为0.85。通俗地说，系数高于0.50表示非随机关联，达到1.00就是完美匹配，也就是说，0.93表明各地区的发明序列几乎完全相同，0.85稍次。考虑到不完整记录和史前年代测定的误差，这样的序列重合度具有重要意义。本质上说，科技发展方向任何时候都是相同的。

为了进一步证明存在这样的方向，研究馆员米歇尔·麦金尼斯（Michele McGinnis）和我共同编辑了一张表格，内容是关于前工业化时期的发明——例如织布机、日晷、拱顶和磁铁——何时在下列5个主要大陆出现：非洲、美洲、欧洲、亚洲和澳洲。其中一些发明产生的时代，通信和出行比史前年代更加频繁，因此它们的独立性不太确定。我们发现了83项新技术在多块大陆独立出现的史前证据。当对它们进行匹配时，又一次出现这种情况：亚洲展现的技术序列与美洲和欧洲达到极高的相似程度。

我们可以这样总结，在历史时期和史前时代，世界各个分隔地区的新技术发展路径相同。技术元素独立于发源地的不同文化、统治者的政治体系和可供使用的自然资源储备，沿着一条普适的轨迹一路走来。科技的总体进程是预设好的。

人类学家克罗伯警告说：“从文化角度看，各种发明是被预先确定的，这样的论述不应当被赋予神秘的含义。例如，它并不意味着，从时间起点开始活字印刷术就被预定要由德国人于1450年左右发明，同样1876年美国人发明电话也应该这样理解。”它仅仅表明，当过去的技术孵化出的全部必要条件准备就绪时，新的技术就会水到渠成。“作为先决条件的知识和工具到位了，新发明实质上就是必然要出现的。”社会学家罗伯特·默顿说道，他研究历史上的同步发明。一个社会的已有技术以前所未有的规模混合在一起，产生了充满活跃潜能的过饱和的母体。当合适的理念被植入这个母体时，必然的发明就会突然成形，如同水凝结成冰。但是正如科学展现的那样，水在温度足够低的情况下注定要成为冰晶，尽管如此，没有两片雪花是完全相同的。水凝固的轨迹是预定的，但是其预定状态的个性化表现具有相当大的灵活性、自由度和美感。尽管每片雪花的典型形态肯定是六边形，但是实际形态是不可预测的。如此简单的微小颗粒围绕意料之中的核心架构产生的变化无穷无尽。对于现在极为复杂的发明，这个结论的真实性甚至更高。白炽灯、电话或蒸汽机的精华结构具有必然性，但其不可预测的表现形式可以有上百万种变化，取决于它的进化环境。

这与自然界的差别不大。任何物种的诞生都有赖于其他物种组成的生态系统是否准备好养分和生存空间，激励它的新生。我们称之为共同进化，这是因为物种会相互影响。在技术元素领域，许多发现需要以其他科技物种——合适的工具或平台——的发明为前提。只有在望远镜发明一年后，很多人才观察到木星的卫星。但是工具本身不会发现新事物。预测天体存在的是天文学家。因为没有人预测到细菌，显微镜发明200年后，安东尼·范·列文虎克才发现了微生物。在方法和

工具之外，新发现还需要合适的理念、预期、词汇、解释、专业知识、资源、资金和发表结果的意愿。而这些也是由新技术驱动的。

过于超前的发明或发现毫无价值，没有人可以深入研究。理想的情况是，一项创新只打开与已知世界相邻的新领域的大门，引导文化向前跃进。过度新潮的、非常规的或者不切实际的发明可能开始会失败（也许缺乏至关重要的还未发明的材料、关键市场或者正确的理解），但是如果此后由支撑理念构成的生态系统发育完善了，这样的发明也许能够获得成功。格里戈·孟德尔1865年发表的基因遗传理论是正确的，可是被忽视了35年。他的睿智见解未被大众接受，一是因为它没有解释当时生物学遇到的问题，二是因为他的阐述无法通过已知的方法付诸实践，所以他的发现超出了早期接纳者的理解范围。数十年后，科学面对的紧迫问题正是孟德尔的成果可以回答的。现在他的真知灼见距离大众只有一步之遥。又过了几年，3位不同的科学家——雨果·德弗里斯、卡尔·埃里希·科伦斯和埃里希·切尔马克——各自独立地重新发现了孟德尔已被遗忘的成果，当然这个成果始终存在。克罗伯断言，如果有人阻止这三人重新发现孟德尔的成果，再过一年，6位科学家，而不是只有3位，将揭开这片当时已经显而易见的新领域。

技术元素的固有顺序严重阻碍社会向前跳跃式发展。如果某个缺乏一切科技基础设施的社会可以一步跨入100%清洁、轻质的数字科技时代，而跳过沉重、肮脏的工业化阶段，这将是不可思议的。数十亿发展中国家的穷人购买廉价手机，避免长时间等待安装工业时期的固定电话，这一事实给了我们希望：其他技术也可以引导社会跃进至未来。但我对手机在中国、印度、巴西和非洲的使用作了认真分析，发现世界手机市场的繁荣伴随着铜质电话线市场的相似增长。手机没有减少电话线。相反，手机出现的地方，铜线随之而来。手机让新近受过教育的消费者感觉到需要更高带宽的互联网和更高质量的语音传输，从而使铜线的市场扩大了。与其说手机、太阳能电池板及其他潜

在的跳跃式技术使社会跨过工业时代，不如说它们飞速发展，加快了早应到来的工业化的步伐。

新技术以旧技术为基础，其依赖程度是我们观察不到的。尽管负载信息的电子构成现代经济必不可少的层面，但是每天发生的事情中很大一部分完全属于工业化领域：作为物质基础的原子正在移动、正在重组、正在采掘、正在燃烧、正在精炼、正在堆砌。手机、网页和太阳能电池板都依赖重工业，而工业依赖农业。

人脑的机理完全相同。我们的大脑活动大多消耗在我们甚至觉察不到的初级行为上，例如行走。另一方面，我们唯一意识到的刚进化出来的单薄的认知层是以传统过程的稳定运转为基础并与之息息相关的。会计数才会做运算。同样，会生产电话线才会制造手机。工业化完成后才能建造数字基础设施。举例来说，最近有一个为埃塞俄比亚所有医院配置电脑的宏伟计划失败了，因为这些医院没有稳定的电力供应。根据世界银行的研究，引入发展中国家的高端技术在计划终止前通常只达到5%的普及率。在传统的基础技术设施完善之前，尖端技术无法深入传播。明智的做法是，低收入国家继续快速吸收工业技术。为使高科技设备运转，需要建设高预算的基础设施——公路、水厂、机场、机器制造厂、电力系统和发电厂。《经济学人》一篇关于技术跨越的报道这样总结：“未能利用旧技术的国家在吸收新技术时处于不利地位。”

这是否意味着，如果我们打算在一个像地球一样的无人星球上殖民，需要再现历史，从尖棍、烟雾信号和泥砖房屋开始，然后逐一经历每个历史阶段？难道不能尝试运用已有的最尖端技术从零开始建立新社会？

我认为我们应该尝试，但会以失败告终。如果我们要使火星文明化，推土机会像无线电设备一样发挥重大作用。如同低级功能支配我们的大脑一样，工业化进程支配着技术元素，虽然表面涂抹了信息化

的亮色。高科技的去大众化有时不过是假象。尽管技术元素的确做到了以更少的物质完成更多的工作，但信息技术不是虚拟的无源之水。物质仍然重要。随着技术元素的进步，信息与物质合为一体，有如信息和秩序被嵌入DNA分子的原子中。先进技术是比特和原子的无缝融合。它向工业注入智能，而不是消除工业，只留下信息。

科技如同有机组织，需要连续发展而达到特定阶段。各种发明遵循这个在所有文明和社会中都存在的统一的发展顺序，不依赖人类天赋。我们事实上无法实现想要的跳跃式发展。但是当一项发明的支撑技术网络准备就绪时，它会迅速地降生，立刻出现在众人面前。人类创新进程以多种方式向物理和化学法则控制的具体形态演变，这些形态的序列由复杂性规律决定。我们把这称为科技的规则。

---

[1] 由内森·麦沃尔德于2000年创办。——译者注

## 第八章 倾听科技之声

### 专家导读

20世纪是现代科技大发展的世纪。许多重大的发现、发明和技术创新出现在这个世纪，比如飞机、青霉素、DNA、半导体、电脑、互联网等。

20世纪50年代，寻找科技发展的“进步模式”蔚然成风。美国军方也参与到这一行列。空军研究人员发现，从1903年莱特兄弟第一次成功飞行之后的50年，飞行速度的增加似乎势不可当。按照这个速度，他们预计再过50年，人类将登上月球——事实却是，发展的速度是指数式的，比直线还快，人类在1969年就登上了月球。

电脑芯片领域的摩尔定律已经有效运转了46年（从1965年算起）。正是由于芯片的制作工艺、制造成本，以及性能遵循“指数规律”，我们今天所用到的精巧、时尚、功能强大的电脑以及各类智能设备，才有可能。

纵观电子技术、太阳能、飞行器、DNA排序技术等现代科技的飞速发展，凯文·凯利归纳出两个显著的特点。一个是“小型化”，“整个新经济是围绕这样的技术建立起来的：能源消耗很少，小型化程度很高”；另一个是科技稳步加速的“倍增时间”，即科技新品性能提升、成本下降、快速普及的速度，是按照指数曲线“窄幅波动”的。

借用古希腊命运女神摩伊赖的名字，凯文·凯利把晶体管、带宽、存储技术、像素和DNA排序的稳定增长，视为技术元素无可抑制的“天赐之物”。

这种不以人的意志为转移的巨大力量，是“倾听科技之声”时，必须用心捕捉、屏息分辨的“命运轨迹”。“看到科技在遥远未来的

命运后，我们不应该因为害怕它的必然性而退缩。相反，我们应该作好准备，奋力前行。”

20世纪50年代早期，同一种思想同时出现在很多人脑海中：世界如此有规律地飞速进步，一定存在某种进步模式。也许我们可以绘制出到目前为止的科技进步曲线，然后从这条曲线向后延伸，预测未来的前景。第一个系统地开展这项工作的是美国空军。他们需要一份关于应该为何种类型的飞机提供研究资金的长期时间表，而航空航天技术正是发展最迅猛的前沿技术之一。显然，他们应该制造可行的速度最快的飞机，可是由于需要数十年时间设计和审核才能研制出新型飞机，将军们认为粗略了解应该资助的未来技术是明智之举。

于是，1953年美国空军科学研究局编写了最快飞行器的发展历史。1903年莱特兄弟的第一次飞行速度达到每小时6.8公里，两年后速度飙升至每小时60公里。飞行速度纪录每年都会略微提高，1947年艾伯特·博伊德上校驾驶洛克希德公司的“射击之星”完成了当时最快的飞行，速度超过每小时1000公里。1953年该纪录被四次打破，最后一次是F-100“超佩刀”，达到每小时1215公里。情况正在快速变化，一切都指向太空。根据《尖峰》（The Spike）作者达米安·布罗德里克的说法，美国空军“绘制了飞行速度曲线和它的延伸线，从中得出某些荒唐的结论。他们无法相信自己的眼睛。该曲线显示，4年内……他们可以研制出达到轨道速度的飞行器，此后用不了多久就可以摆脱地球重力的束缚。曲线暗示，他们几乎马上就可以发明人造卫星，如果愿意，也就是说如果打算花钱进行研究和设计，他们可以在卫星发明之后非常短的时间内登月”。

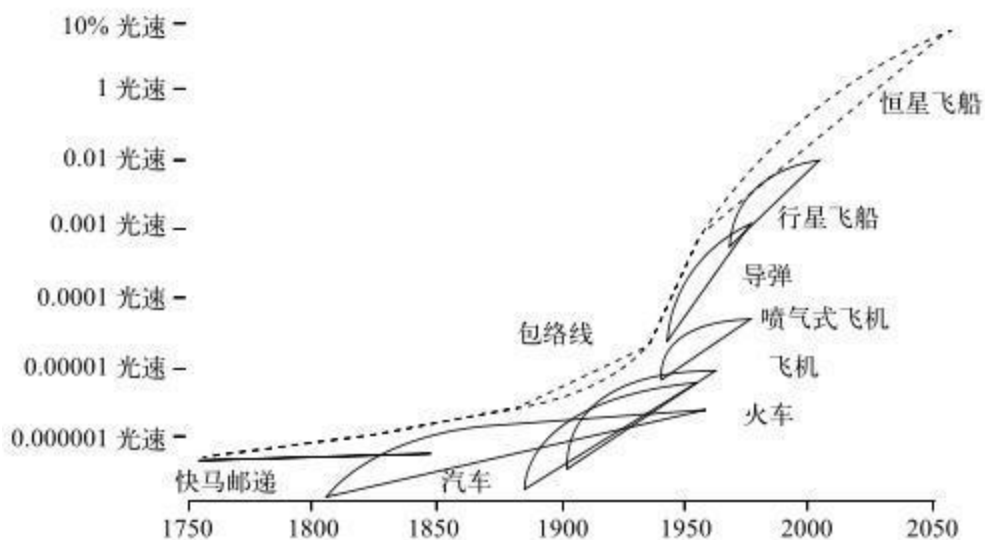


图 8-1 速度趋势曲线。美国空军绘制的截至 20 世纪 50 年代的历史速度纪录以及预期的不远将来的最快速度

1953 年时，为这些未来发展准备的技术还没有一项问世，记住这一点很重要。没人知道如何达到那样的速度并持续一段时间。即使最乐观、最坚定的远见卓识者也没有预见到登月日期会早于公认的“2000 年”。唯一告诉他们可以提前实现登月的声音是一条画在纸上的曲线。这条曲线被证明是正确的，只不过政治上不正确。1957 年苏联（不是美国）发射人造卫星，与时间表恰好吻合。接着 12 年后美国的火箭快速飞向月球。正如布罗德里克评论的那样，人类到达月球的时间“比亚瑟·C·克拉克这样的狂热太空旅行迷预期的早将近 1/3 世纪”。

什么是曲线知道而克拉克不知道的？它如何解释俄罗斯人以及全世界几十个团队的秘密努力？这条曲线是自我实现的预言还是对根植于技术元素本质的必然趋势的揭示？答案也许存在于自那时起绘制的其他很多趋势图。其中最著名的趋势被称为摩尔定律。简而言之，摩尔定律预测计算机芯片每 18~24 个月体积缩小一半。过去 50 年它的准确性令人吃惊。



摩尔定律可靠而且准确，但是它揭示了技术元素的一条规则吗？换句话说，摩尔定律在某种意义上是必然的吗？这个问题的答案对文明而言具有关键意义，理由有几个。其一，摩尔定律反映了计算机技术的加速发展，这又促使其他一切事物加快步伐。马力更强劲的喷气发动机不会导致更高的玉米收成，更优良的激光器不会加快药品研发的速度，但是运算速度更快的计算机芯片可以带来这一切。今天所有技术唯电脑技术马首是瞻。其二，在关键技术领域发现必然性向我们暗示技术元素其他领域也许存在恒定性和方向性。

1960年，道格·恩格尔巴特（Doug Engelbart）首先注意到计算机能力稳步增强这一具有开创意义的趋势。恩格尔巴特是位于加利福尼亚帕罗奥图市的斯坦福研究所（即现在的斯坦福国际咨询研究所）的研究员，后来发明了现在全球通用的“视窗和鼠标”的计算机界面。恩格尔巴特最早以工程师身份开始职业生涯时在航空航天业工作，通过风洞检验飞机模型，在那里他理解了系统地缩小比例将如何导致各种收益和意料之外的结果。模型越小，飞行效果越佳。恩格尔巴特推测缩小比例——也就是他所谓的“相似性”——的收益怎样转变成斯坦福研究所一直在跟踪的新发明——集成硅芯片上的多晶体管。也许电路体积缩小，可以产生与飞机模型同类型的神奇相似性：芯片越小越好。在1960年国际固体电路会议上，恩格尔巴特向工程师听众发表了他的观点。此次会议的参加者包括戈登·摩尔，他是新成立的集成电路制造企业仙童半导体公司的研究员。

接下来的几年时间，摩尔开始跟踪研究最早的芯片样品的真实统计数据。到了1964年，他已经有足够的数据点用来推算到当时为止的曲线斜率。随着半导体工业的发展，摩尔不断添加新数据点。他跟踪各类参数——已经制造出来的晶体管数量、单个晶体管成本、管脚数量、逻辑速度和单片晶圆所含元件。而其中一类参数的变化与一条光滑曲线吻合。这种走势反映了其他任何事物都没有反映的规律：芯片将以可预测的速度越变越小。可是这条规律能保持多久呢？

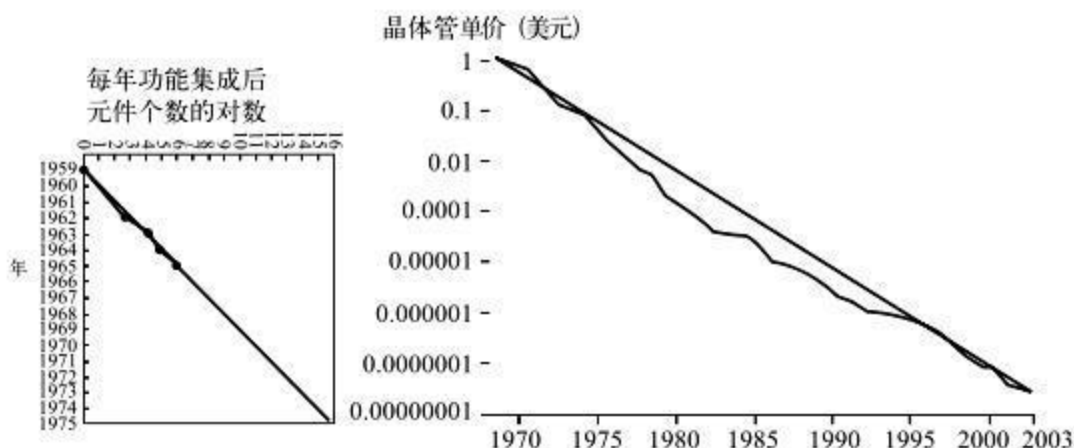


图 8-2 绘制摩尔定律图。摩尔定律的原始曲线图只包含 5 个数据点以及用粗点划线表示的未来 10 年预测（左）。右边显示的是 1968 年之后摩尔定律继续发挥作用

摩尔承接了他的加州理工院校友卡弗·米德的思想。米德是电气工程师和早期晶体管专家。1967年摩尔问米德，微电子系统微型化将会受到何种理论性约束。米德毫无头绪，但他经过计算后得出惊人发现：芯片效率的增长幅度将是其尺寸减少量的三次方。微型化的收益是指数级的。微电子系统不只是更加便宜，而且性能也更加优良。摩尔这样评论：“通过小型化，一切技术都会同步改进。没有必要在尺寸和效率之间进行取舍。产品问世速度提高，耗电量下降，系统可靠性突飞猛进，同时制造成本由于技术发展而显著下降。”

今天，我们观察摩尔定律曲线图时，可以从它50年的表现中寻觅到若干显著特征。首先，这是一幅加速图。直线不单纯表示增长，线上各点反映的是10倍的增长（因为横轴是指数比例）。硅芯片计算能力不仅越来越强大，而且改进速度也越来越快。21世纪前，50年持续加速在生物领域非常少见，在技术元素领域则从未发生。因此这张图既是显示硅芯片发展速度，又体现了文化加速现象。事实上，摩尔定律代表了未来加速规律，这个规律构成我们对技术元素预期的基础。

其次，即使匆匆一瞥，也能发现摩尔定律曲线惊人的规律性。从最早的数据点开始，它的延展出奇地整齐。芯片的改进50年没有间

断，以相同的加速度呈现出指数级发展形态，不偏不倚。即便是苛刻的技术狂人也只能绘制出这么直的曲线。这条规整的无波动轨迹源自全球市场的混乱和未经协调的残酷的科技竞争，这真的有可能吗？摩尔定律反映的是物质和计算能力推动的方向，还是这种由经济野心造就的人工制品的稳步发展？

摩尔和米德认为是后者。2005年，在纪念定律诞生40周年的庆典上，摩尔写道：“摩尔定律的确是关于经济的。”卡弗·米德表达的意思更清晰。他说，摩尔定律“事实上与人们的理念体系有关，它不是自然法则，是人类理念的体现，当人们信仰某种事物时，他们会付出精力让美梦成真”。他担心这样的表述还不够清楚，又进一步写道：

（摩尔定律）发表很久以后，人们开始回顾它过去的表现。从过往看它确实是一条通过某些数据点的曲线，因此看上去像自然法则，人们也是这样谈论它的。可实际上，如果你们像我一样仔细玩味，就会发现它不像自然法则。它完全与人类行为和前景有关，与你们可以选择什么理念有关。

最后，卡弗·米德在另一次解释中补充道，“选择相信（摩尔定律）将继续发挥作用”是该定律继续有效的推动力。戈登·摩尔在1996年的一篇文章中对此表示赞同：“最重要的是，一旦这样的事物得以确立，多少会成为自我实现预言。半导体行业联盟制定了一份技术路线图，其中仍然包含每3年一次（更新换代）的内容。行业里的每个人都意识到，如果不能基本上达到曲线的目标，他们就要退步。因此它可以说是自我驱动。”

显然，未来进步预期引导当前投资，不只是半导体，所有技术领域都是如此。摩尔定律的固定曲线有助于集中资金和智慧去实现非常具体的目标——与定律齐头并进。我们认同自我构建的目标是这种定期进步的原动力，唯一的问题在于，其他也许从同种理念中受益的技术没有展现出同样的快速发展。如果这只是与相信自我实现预言有

关，那么为什么我们在喷气发动机、合金钢或玉米杂交这些领域的发展历程中看不到摩尔定律式的增长？无疑，这种奇妙的基于理念的加速发展为消费者带来理想产品，为投资者创造数十亿美元的财富。不难发现企业家热衷于相信此类预言。

那么，什么是摩尔定律曲线告诉我们而内行人士没有意识到的？这种稳步加速不仅仅得益于认同，它产生自科技本身。还有一些科技产品——也以固态物质为原料——表现出与摩尔定律相似的稳步增长曲线。它们似乎也服从明显稳定的指数级进步的大致定律。考虑一下过去20年通信带宽和数字存储产品的价格变动，它们的指数级增长图形与集成电路的相似。除了斜率，这些曲线图其他方面非常相似，因此认为这些曲线是摩尔定律的体现也是合理的。电话高度计算机化，存储盘是计算机的器官。既然通信带宽和存储容量在速度及廉价性上的提高直接或间接依赖不断加快发展的电脑能力，那么将带宽和存储设备的未来命运与计算机芯片分离是不可能的。也许带宽和存储容量曲线是同一定律的衍生物？没有摩尔定律的关照，它们还能不断进步吗？

高科技行业的核心圈将磁存储器价格的快速下跌称为克莱德定律。它是计算机存储领域的摩尔定律，以硬盘厂商希捷公司的前技术总监马克·克莱德（Mark Kryder）的名字命名。克莱德定律认为硬盘性价比每年以40%的固定比例成指数级上升。克莱德说，如果电脑不再年年改进、降价，存储能力仍将继续提高。按照克莱德的话就是：“摩尔定律和克莱德定律没有直接联系，半导体设备与磁存储器的物理性能和制造过程不同。因此，很有可能即使半导体的微缩停止，硬盘仍将继续变化。”

拉里·罗伯茨（Larry Roberts）是互联网最早版本阿帕网的负责人，他保存了通信技术进步的详细统计数据。他注意到，通信技术总体上也表现出类似摩尔定律的性能进步。罗伯茨的曲线显示通信成本

稳定的指数级下降。通信线路的发展也有可能跟芯片的改进相关吗？罗伯茨说，通信技术的优劣“受到摩尔定律的深刻影响，其发展历程与摩尔定律非常相似，但不像人们认为的那样完全相同”。

还可以用另一种方式描述加速过程。大约有10年时间，生物物理学家罗伯·卡尔森（Rob Carlson）一直在为DNA排序及合成的改善绘制表格。这种技术合成单对碱基对的成本曲线与摩尔定律相似，也表现出沿对数坐标轴稳定下降的趋势。如果计算机停止年年进步、提高速度和降价，DNA排序及合成会继续加速优化吗？卡尔森回答：“如果摩尔定律不再生效，我认为不会有太大影响。它可能影响到的一个领域是处理原始序列信息，使之转化为人类可以理解的形式。大量处理DNA数据的成本至少和获得自然界的DNA序列一样高。”

与计算机芯片的指数级稳定发展相同的趋势也在推动3种信息技术行业进步，对这3条轨迹最感兴趣的观察者——真正发现各自“定律”的人——都相信，这些进步轨迹显示的是独立加速过程，不是处于支配地位的电脑芯片发展进程的派生物。

同样，我们有其他理由认为像定律一样的进步趋势一定不只是自我实现的预言这么简单：与曲线吻合的情况开始时间经常远远早于人们注意到定律的存在，在人们能够对其施加影响之前已走过一段长路。磁存储器的指数级进步开始于1956年，比摩尔提出他的半导体定律早了几乎10年，比克莱德发现他的曲线斜率提前了50年。罗伯·卡尔森说：“当我第一次发表DNA的指数级曲线时，有评论家声称他们没有看到任何迹象表明排序成本正在呈指数级下降。甚至在人们不相信存在趋势时，它就已经开始发生作用了。”

发明家和作家雷·库兹韦尔深入研究档案资料，证明类似摩尔定律的趋势早在1900年就开始了，那时电子计算机还远未成形，自然，通过自我实现构建的发展路径更是遥遥无期。库兹韦尔估算出世纪之交的模拟机、之后的机械计算器以及再后面的第一台真空管计算机每秒

钟花费1000美元所能达到的计算量，然后用现代半导体芯片完成同样的计算量。他确定这个速度过去109年来呈指数级增长。更重要的是，该曲线（让我们称之为库兹韦尔定律）贯穿5种相异的计算技术类型：机电计算、继电器计算、真空管、晶体管 and 集成电路。一个未被观察到的由5种不同技术范式100多年来构成的连续进程一定包含了比行业路线图更多的内容。它给我们这样的启示：这些速度本质上受到技术元素结构的支持。

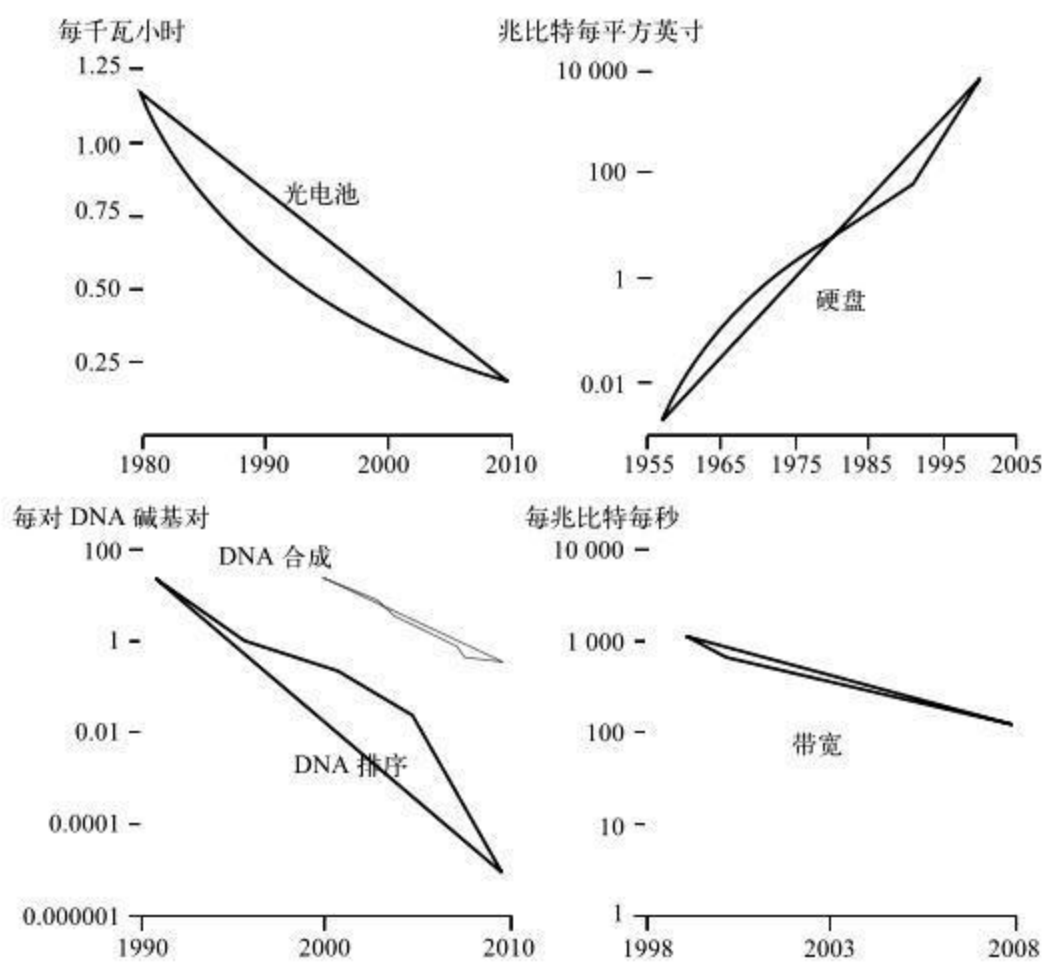


图 8-3 其他 4 种定律。光电池：太阳能电力成本下降（单位为每千瓦美元），预期将以线性模式延续这一走势。硬盘：每年可产生的最大存储密度。DNA 排序：为每对 DNA 碱基对排序或合成的成本呈指数级下降。带宽：每兆比特每秒的成本呈指数级下降

我们可以从DNA排序、磁存储器、半导体、通信带宽和像素密度的刚性发展加速度中感受科技的规则。一旦某种稳定曲线得以揭示，科学家、投资者、营销人员和记者都会紧抓这条轨迹线不放，用它指导实验、投资、销售计划和宣传。理论转变为现实。同时，由于这些曲线脱离我们的意识而产生和发展，围绕一条直线小幅波动，承受巨大的竞争和投资压力，因此它们的进程必定在某些方面受制于现有资源。

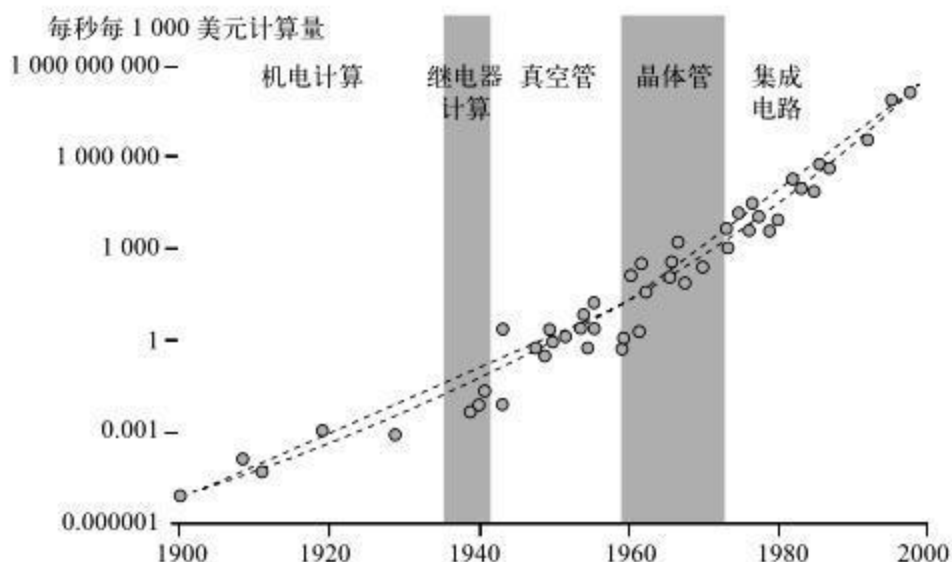


图 8-4 库兹韦尔定律。雷·库兹韦尔将早期的计算方法转换为统一的计算单位，以获得摩尔定律的稳定预测

为了理解此类规则延伸至技术元素的深度，我尽可能地收集目前很多指数级进步的例子。我排除了这样的例子：产生的总数量（瓦特、千米、比特、碱基对、贸易量等）呈指数级增长是因为人口增长引起的。即使效率没有提高，人口增加，消耗的资源就会增多。确切地说，我要找的例子应当能够反映效能比（例如每英寸多少磅、1美元产生多少光照）稳定上升，即使不是加速上升也可以。下面是一组我很快就找到的例子，它们的效能比呈双倍增长。时间范围越小，加速度越大。

第一件应该注意的事是，所有这些例子显示的都是小型化或者处理小物件产生的效果。我们没有发现扩大化带来的指数级发展，例如扩大摩天大楼或太空站。飞机不是因为越来越大才越来越快或者以指数级速度提高燃油使用效率。戈登·摩尔开玩笑说，如果航空技术经历了英特尔芯片那样的发展，现代商业飞机将花费500美元在20分钟内环游地球，耗油量只有5加仑。而且，飞机只有鞋盒大小。

与我们生活的宏观世界不同，在这个微观领域，能量不是非常重要。这就是我们没有看到扩大化过程会产生摩尔定律式进步的原因：能量需求也同样快速地扩大了，而且能量是重要的限制性约束，与信息不同，信息可以自由复制。这也是太阳能电池板和电池（只有线性改进）的性能不呈现指数级发展的原因：它们产生或存储大量能量。因此整个新经济是围绕这样的技术建立起来的：能源消耗很少，小型化程度很高，例如光子、电子、像素、频率和基因。随着这些创新技术的微缩化，它们的触角进一步伸向裸露的原子、自然界信息或非物质要素。所以，它们固定的必然的发展历程来源于这种自然本质。



表 8-1 倍增时间。各种技术性能提升速度，以性能提高一倍所需的月份数度量

技术	度量依据	月份数
光导纤维容量	单模纤维工作波长	9
光纤网络	每比特耗费美元	9
无线传输	每秒比特量	10
通信	一美元产生比特量	12
磁存储密度	每平方英寸含千兆位	12
数码相机	一美元产生像素量	12
微处理器	单周期耗费美元	13
超级计算机能力	浮点八进制	14
RAM	一美元产生兆位	16
晶体管	单支晶体管成本	18
CPU 耗电量	每平方厘米耗费瓦特	18
像素	单个阵列含像素量	19
硬盘存储	一美元产生的千兆位	20
芯片	每秒百万条指令	21
DNA 排序	单对碱基对耗费美元	22
中继链接数据速度	每秒比特量	22
微处理器	单块芯片晶体管数	24
单片机	一美元产生的兆赫	27
带宽	每秒耗费一美元产生千兆	30
微处理器	赫兹	36

第二件值得注意的事是，这组实例的数据点都是围绕斜率曲线——即倍增时间（以月份计）——窄幅波动。这些技术的特定性能不断优化，在8~30个月之间提高一倍。（摩尔定律每18个月实现一倍提升。）所有技术参数一年或两年内提升为原来的两倍。这是如何实现的？工程师马克·克莱德的解释是，“一年或两年内提升为原来的两倍”是公司架构导致的，这些发明大多数发生在公司。构思新技术、设计、制造样机、检测、投入生产和销售正好需要一年或两年的时间。虽然5倍或10倍的提升很难实现，可是几乎每个工程师都能够完成两倍这个系数。就是这样！每两年两倍改进。如果这是事实，它表明，尽

管进步的稳定轨迹直接来自技术元素，但实际变化斜率不是天定数字（例如每18个月倍增），而是根据人类工作周期产生的。

目前，虽然这些曲线看起来会无限延伸，可是在未来某个时刻，所有曲线将呈现高位平台走势。摩尔定律不会永远生效。这就是生活。任何特定的指数级进步必然会趋于平缓，符合典型的S型曲线。这是发展的典型模式：经过缓慢爬升后，收益像火箭一样直线上升，长时间保持这种趋势，最后转入平稳形态。回到1830年，美国的铁路总里程有37公里，此后60年间这个数字每10年增加一倍。1890年，任何理智的铁路爱好者都会预测美国100年后将拥有数亿公里铁路，家家户户通铁路。事实上，美国的铁路总里程最终只有不到40万公里。可是，美国人没有因此停止出行。我们只是借助其他类型的发明改变出行方式，更换交通工具。我们建造供汽车行驶的公路，还有机场。我们旅行的距离越来越远，但相关技术的指数级增长曲线已经达到顶峰，进入高位平台期。

技术元素的多数扰动产生于我们的这种倾向：改变我们感兴趣的事物。掌握一种技术会引发对新技术的欲望。最近的一个案例是：第一台数码相机的图像分辨率非常低，于是科学家开始不断增大单个传感器的像素密度，提高照片质量。当时他们并不知道，每个阵列能够包含的像素数量将呈指数级增长，朝着百万像素目标前进，并超越该目标。百万级像素的持续增长成为新相机的卖点。可是经过10年的加速发展，越来越密集的像素对消费者不再有吸引力，因为他们认为现在的分辨率已经足够。取而代之的是，他们关注像素传感器的工作速度和对暗光的灵敏度——过去没有人关心这些问题。于是，新的度量依据诞生了，新的曲线开始了，而单个阵列所含像素数的指数级曲线将逐渐趋向平滑。

摩尔定律的命运与此类似。何时终结？无人知道。数十年前，戈登·摩尔本人预测，当制造能力达到250纳米级时（该目标1997年就被

超过），他的定律将寿终正寝。今天，半导体行业的目标是20纳米。不论摩尔定律——就晶体管密度而言——是否还能经历10年、20年或30年的发展并推动经济增长，我们可以肯定，它会像过去的其他趋势一样逐渐退出历史舞台，升华为新的增长趋势。当摩尔定律淡出时，我们将找到替代方案，再制造一百万倍的晶体管。事实上，目前单块芯片的晶体管数量已经足以完成我们的目标，前提是我们知道如何完成。

摩尔是从计量每平方英寸的“元件”数开始，然后才转向晶体管的，现在我们估算耗费一美元制造的晶体管数量。正如计算像素时发生的那样，一旦电脑芯片的某个指数级趋势（例如晶体管密度）减速，我们就开始关注新参数（例如，工作速度或关联器件数量），于是我们启用新的度量依据，绘制新曲线。突然间另一条“定律”得以揭示。随着新技术的特征被我们研究、利用和优化，它的正常速度也被发现。当人们延伸这条轨迹时，它就变为创造者的目标。以计算机信息处理技术为例，假以时日，这种最近发现的微处理器特性将产生新的摩尔定律。

如同1953年美国空军绘制的最快速度曲线图一样，这条曲线也是技术元素与我们对话的一种方式。卡弗·米德曾经在全美巡回宣传摩尔定律的波浪图，他相信我们有必要“倾听科技之声”。所有曲线发出同一个声音。当一条曲线不可避免地走向衰竭时，新的S形曲线将继承它的动能。如果我们近距离地审视任何一条长期曲线，可以看到定义和度量依据随时间而变化，以吸纳新的替代技术。

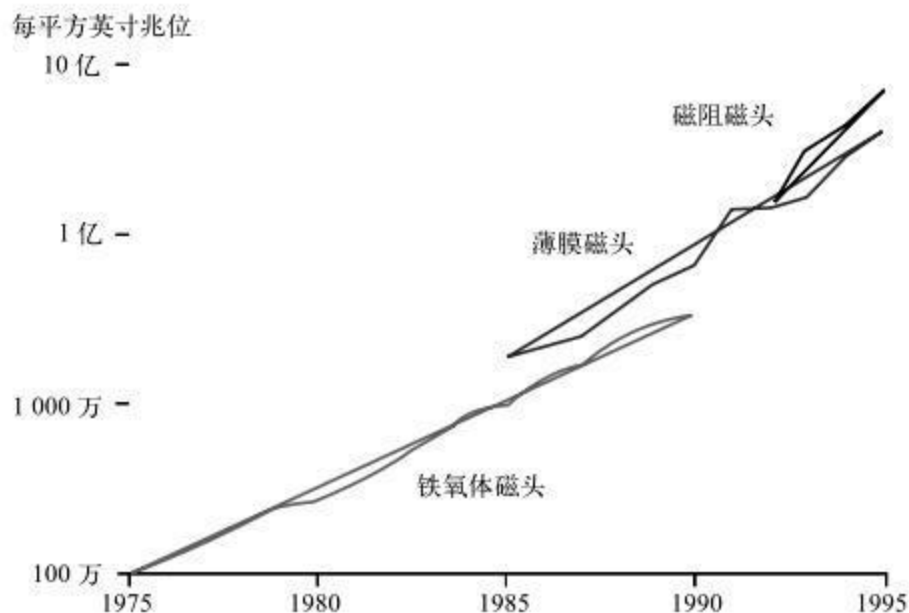


图 8-5 克莱德定律的连续性。磁存储密度技术曲线无间断地连续穿过不同的技术平台

例如，仔细观察关于硬盘存储密度的克莱德定律，可以发现它是由一系列重叠的较短的趋势线构成的。第一种硬盘技术为铁氧体磁头技术，流行时间为1975~1990年。第二种为薄膜磁头，性能略有改进，速度略有提高，使用时间为1985~1995年，与铁氧体存在部分重合。第三次创新产生磁阻磁头技术，1993年投入使用，改进速度更快。三条曲线的斜率略微有些不均衡，但它们共同形成一条无波动的轨迹线。

图8-6详细分析了基因技术的发展历程。若干反映有限指数级增长期的部分重叠的S曲线组合成自然形成的长期指数级增长线。这个大趋势跨越多个技术阶段，由此具备了强大的影响力。当一次指数级增长与下一次对接时，已确立的技术将它的动力传递给下一个范式，推动连续增长。前一条子曲线的确切度量依据也变为下一条的依据。例如，也许开始时计算像素大小，接着转换为像素密度，然后又变成关注像素速度。最后的特性可能在最初的技术中并不明显，在经历长期

发展后才显现出来，也许产生无限延续的长期趋势。在计算机的例子中，因为芯片性能的度量依据在不同技术阶段被连续地重新设定，经过再定义的摩尔定律将永不消逝。

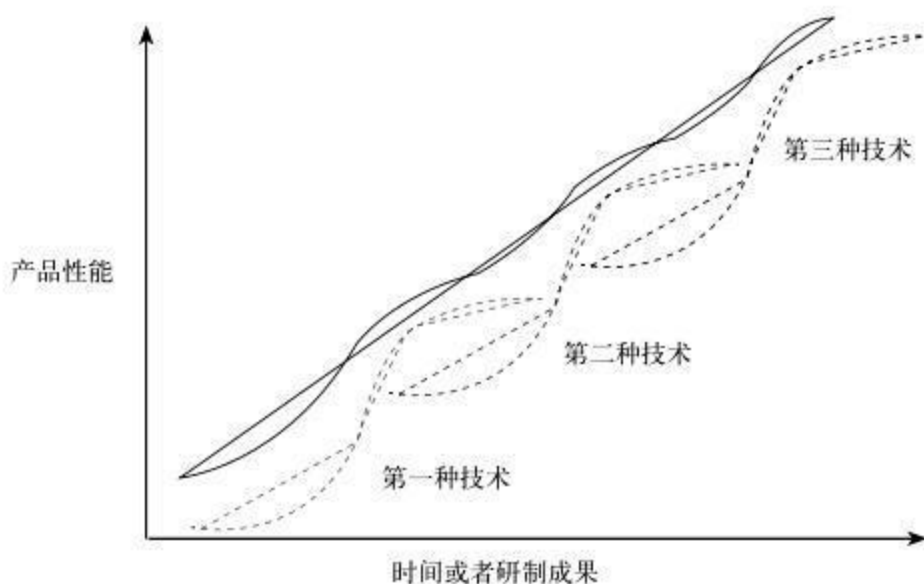


图 8-6 复合型 S 曲线。在这张理想图中，技术性能用纵轴表示，时间或研制成果用横轴表示。一连串子 S 曲线构成自然形成的更大规模的稳定斜线

晶体管密度不断增加的趋势渐渐消失，这是不可避免的。但是平均而言，在可预见的未来，数字产品的性能每两年大致提高一倍。这意味着，最具文化意义的重要设备和系统每年工作速度提高50%，价格下降一半，性能改善50%。想象一下这样的情景：每年智商提高一半，或者今年记忆量比去年增加50%。深嵌在技术元素（就现已知的部分而言）内部的是每年进步一半的非凡能力。摩尔的期望是：明天，一切将发生显著的、真正的、称心如意的改善，价格也更加低廉。我们这个时代的乐观主义就是建立在这种期望的稳定发展的基础上。如果我们创造的事物每一次都会有进步，那意味着黄金时代就在前方，而不是在过去。可是如果摩尔定律不再发生作用，我们的乐观主义也将终结吗？

即使我们希望出现这样的结果，地球上又有什么力量可以使摩尔定律的长期轨道发生偏离呢？假定我们是一个试图终止摩尔定律的巨大阴谋的一部分。也许是因为我们相信它导致了过度的乐观主义，并激发了这样不切实际的预期：一种可以让我们永生的超级人工智能将会出现。我们该怎么办？如何阻止它？有些人认为它的力量主要来自自我强化的预期，他们会说：宣布摩尔定律将要终止，就可以了。如果数量足够的聪明的追随者宣布摩尔定律完结，它就会完结。自我实现预言的循环将被打破。而摩尔定律所要做的就是找到某个标新立异的人，让它继续发挥作用，推动更加深入的进步，于是魔咒将会失效。直到小型化过程达到物理极限，这场竞赛才会停止。

更加聪明的人也许会这样推断：既然作为整体的经济制度决定摩尔定律的倍增时间，人们可以不断恶化经济状况，直到摩尔定律终结。也许通过武装革命，可以实施强制性的命令型政策，导致经济疲软，进而摧毁造成计算机能力指数级增长的基础设施。这种可能性引人入胜，但也令人心存疑问。如果在假想的历史中，共产主义取得冷战胜利，微电子系统诞生于全球性的苏维埃模式社会，我猜想即使这个替代政府也不能抑制摩尔定律。进步也许以更慢的速度产生，其曲线斜率更小，倍增时间可能为5年。可是我并不怀疑，拥护共产主义的科学家将深入了解这条微观领域的定律，不久就会像我们一样对同样的技术奇迹感到震惊：当人们持续地采用阶段性研究成果时，芯片就呈现指数级的发展形态。

对于摩尔定律，除了倍增时间，我们是否还有更多了解，对此我表示怀疑。摩尔定律是我们这个时代的摩伊赖。在希腊神话中，摩伊赖是三位命运女神，通常被描述为表情严肃的未婚女子。三位摩伊赖中，一位织出新生儿的生命之线，一位报出线的长度，还有一位在人死之际切断生命之线。人的出生和死亡是命中注定的，但中间过程却是自由演绎。人类和神灵都可以在人的终极命运范围内发挥作用。

摩尔、克莱德、罗伯茨、卡尔森和库兹韦尔揭示的不以意志为转移的轨迹贯穿技术元素的发展过程，成为一条长线。线的方向是必然的，由物质本质和创新决定。但它的曲折路径是开放性的，留待我们去完成。

倾听科技之声，卡弗·米德这样说。那些曲线告诉我们什么？假设现在是1965年。你已经看到戈登·摩尔发现的曲线。如果你相信曲线向你讲述的故事：每年，就像夏日消逝冬日将至、黑夜过去白昼到来一样确定，计算机的性能提高一半、体积缩小一半、价格降低一半，年复一年，50年内它们将比现在强大3000万倍。（这已经发生了。）如果1965年你确信这样的预测将会变成现实，甚至深信不疑，你将收获多么巨大的财富！你不需要其他任何预言、任何预测、任何提高未来收益的细节。作为社会成员，假如我们只相信摩尔发现的单一轨迹，对其他不屑一顾，那么我们将接受不同的教育、进行不同的投资，更加明智地作好准备抓住它释放出来的惊人力量。

晶体管、带宽、存储、像素和DNA排序的稳定增长率是历史短暂的人类在加速发展的技术元素领域首次梳理出来的摩伊赖之线。一定还有其他摩伊赖之线等待人类创造新工具去发现它们。这些“定律”是技术元素的反射，超然于社会环境而发生作用。当它们表现为有规则的序列时，也会孕育进步，激发新力量和新欲望。也许这些自我控制的动力将出现在基因工程领域、制药业或认知领域。一旦某个领域的增长动力释放出来并被人们观察到，财力、竞争和市场这些助推剂将推动相应的定律发挥最大效力，使之始终沿既定曲线发展，直至耗尽潜能。

我们的选择是准备接受这样的天赐礼物——以及随之而来的问题，这具有重要意义。我们可以选择提高预测这些必然性增长的能力；可以选择让自己和后代接受教育，增加文化知识，聪明地运用这

些定律；还可以选择修正法律、政治和经济假设，以迎合未来必将出现的趋势。可是我们不能逃避它们。

看到科技在遥远未来的命运后，我们不应该因为害怕它的必然性而退缩。相反，我们应该作好准备、奋力前行。



## 第九章 选择必然

### 专家导读

谈到“必然”，人们总是会僵化地理解这个概念，不能看到它在历史长河中掺杂的各种纷繁复杂的偶然性、适应性。

从可视电话这个例子开始，凯文·凯利识别出“必然”的两种含义：一种是指某个发明必然对应一种实物存在，“它迟早会被某个疯狂爱好发明的人竭尽所能拼凑出来”；另一种“更具实质性的意义，是一定程度的共识和生命力”。

从宏观来看，过去数千年的科技发展，“预定着未来的科技进程”。现代铁路的轨距是4英尺8.5英寸，这个尺寸从何而来？还有火箭的直径，大约也不超过这个数字太多，这又是为何？如果你知道罗马帝国时期修筑的罗马大道的宽度，是由驾驭战车的两匹战马的宽度决定的，就会对这句话报以会心的微笑：“世界上最先进的交通体系的一个重要参数，2000年前就已经由两匹马的屁股宽度决定了。”

从微观来看，科技发明似乎充满了变数、不确定性和偶然性。“重新发明轮子”的事情并不稀奇，一些聪明的发明因为时机尚不成熟尘封数年，也比比皆是。

但是，整体看来，科技发展的方向性势不可当。凯文·凯利将此概括为“科技的三元力量”。

首要的推动力是预定式的发展，即“科技自身的需求”，其次是科技史的影响，最后是人类社会在开发技术元素或确定选择时的集体自由意志。

前两种分别显示了技术元素内在的、规律性的、符合物理化学定律的发展态势，以及历史长河的进化作用。这与生物进化的历程

较为类似，即内在的进化驱动力，“意外事件和偶然机会引导进化过程百转千回”。

但是第三种力量更加值得关注。这种“集体自由意志”意味着技术元素的进化历程，与人的进化历程交织、缠绕在一起密不可分。用心理学家谢里·特尔克的话说，“科技是人类的‘第二自我’”。

作为第一章“我的疑惑”的回应，凯文·凯利认为，“技术元素在我们心目中激起的矛盾归因于我们拒绝接受自己的本性——事实是我们与自己制造的机器连为一体”。

作者对自己的疑惑给出了这样的回答：对人类而言，担忧是否应该拥抱科技已经完全没有意义了，“我们已经不只拥抱，而是与它共进退”。

那么，接下来的问题就是：能不能做到“共进退”？或者说，要想与科技为友，除了坚信科技进步这一趋势，拥抱它之外，人还能做什么？这是接下来三章要回答的问题。

我曾亲眼目睹科技的未来命运。1964年，当时还是个天真孩子的我目瞪口呆地参观了纽约万国博览会。我如饥似渴地学习当时展出的未来必然出现的事物。美国电话电报公司的展台放置了一部正在工作的可视电话。视频电话的想法100年来在科幻小说里反复出现，成为预言式预测的典型案列。现在，这里有一台投入实际应用的可视电话。尽管我可以看见，但没能使用。不过，《大众科学》和其他杂志刊载了这种电话的照片，展现它如何为我们的单调生活增添情趣。我们都期望某天它能够在我们的生活中出现。嗯，45年后的一天，我正在使用1964年人们预测的那种样式的可视电话。当时妻子和我在加利福尼亚的家中，靠近一台弧形白色显示器，上面正显示女儿在上海的动态图像，这是旧杂志上全家老小围绕可视电话的插图的真实再现。女儿从中国通过屏幕看到我们，大家闲聊家庭琐事。除了下面这三个重要方面，我们的视频电话可以说完全符合所有人想象中的模样：该设备不完全是电话，它是家中的苹果电脑和女儿的笔记本电脑；电话免费

（通过Skype，而不是美国电话电报公司）；尽管可视电话实用性完美并且免费，但它还未普及——甚至对我们来说也是如此。因此，与早期的未来愿景不同，所谓必然出现的可视电话并没有成为现代通信的标准工具。



图 9-1 可视电话的初次展示。摄于 1964 年  
纽约万国博览会美国电话电报公司展台

那么，可视电话属于必然性事物吗？“必然”这个词用于科技时，具有两种意义。其一，一项发明必须有一件实物存在。从这个意义说，一切可行的技术都具有必然性，因为它迟早将被某个疯狂爱好发明的人竭尽所能拼凑出来。喷气背包、水下住所、夜光猫和遗忘药丸——在时间的帮助下，所有发明的样机或演示版必然将被召唤出来。而且由于同步发明是常态，而不是例外，任何可行的发明都将出现多次。但是被广泛采用的发明很少，其中大多数不能很好地工作。或者，更常见的是，它们可以工作，但不能满足要求。因此，从这个无足轻重的意义上看，所有技术都是必然的。时间倒回，它还会被再次发明出来。

其二，“必然”一词更具实质性的意义是一定程度的共识和生命力。一项技术被使用后必须在技术元素中流行开来，或者至少在科技

领域的某个部分流行。但必然性的含义不只是普遍性，它必须保持强大的动力，超越数十亿人的自由选择实现自我确定，不能被社会上的简单奇想左右。

不同时代、不同经济制度中的人曾多次想象可视电话的样式，构思了足够的细节。人们的确希望它能成为现实。1878年，就在电话申请专利两年后，一位画家草绘了想象中的可视电话。1938年德国邮政部门展示了一系列工作样机。1964年万国博览会结束后，纽约城街头的公共电话亭安装了被称为皮克风的商务版可视电话，但是10年后因为人们兴趣不大，美国电话电报公司停止了该产品的生产。在皮克风的鼎盛时期，尽管几乎所有人都看好它的前景，但也只有500名左右的购买者。有人可能认为，与其说可视电话是必然进步，不如说这项发明在努力避免被人们抛弃的必然命运。

然而今天它回来了。也许经过50年它的必然性提高了，也许当时它出现得太早，缺乏必要的支撑技术，社会动力也不成熟。在这方面，早期的重复尝试可以被视为必然性的证据和持续的催生过程。也许它仍然待产。可能存在待开发的其他创新技术，可以使视频电话更加普及。这就需要创新手段，引导对话人凝视你的双眼而不是角度偏离的摄像头，以及创新方法，使屏幕在对话中的某一方说话时切换到相应视角。

可视电话的犹抱琵琶半遮面证明了两个论点：（1）过去它显然必然出现；（2）现在它显然不一定必然出现。这就引出了下面的问题：任何技术是否凭借自身惯性艰难发展——按照技术评论家兰登·温纳（Langdon Winner）的话来说，就是成为“自我推进、自我维持、必不可少的流体”？或者，我们有明确的自由意志选择技术变革的序列，也就是说，我们（个人或集体）决定成为每一步变革的推动者吗？

我想作个类比。

你是谁，这在某种程度上由你的基因决定。科学家每天要鉴定构成人类特性代码的新基因，揭开遗传“软件”驱动身体和大脑的方法。我们现在知道，痴迷、野心、风险偏好、羞怯和其他许多行为包含强大的基因因素。同时，“你是谁”显然受到生活环境和成长过程的影响。科学揭示了更多的证据，表明我们的家庭、同龄人和文化背景如何塑造我们的人格。他人对我们的看法具有极大的影响力。此外，最近关于环境因素可能影响基因的证据越来越多，因此从最深刻的意义上说，这两个因素是关联因素——它们相互影响。环境（例如你的食物）可以影响基因代码，而基因代码将引导人们进入某种环境，这使得两种影响力难以分开。

最后，从最广泛的内涵——性格、思想以及如何生活——来看，身份还是由选择决定的。你的生活方式有极大一部分是被强加的，不受你控制，但是你拥有对这些强加部分进行选择的巨大而重要的自由。你的生活受制于基因和环境，但最终取决于你。你可以决定是否在审讯中说实话，即使你有说谎的基因或家族习性；你可以决定是否冒险与陌生人交友，尽管有羞怯基因或受到此种文化偏见的影响；你可以决定抛开自身的固有倾向或先天条件。你的自由远非全部。能否成为世界上跑得最快的人不是你个人的选择（虽然基因和成长过程发挥了很大作用），但是你可以选择比过去跑得更快。遗传和家庭及学校的教育从外部限制了你的智商、仁厚品德或卑劣性格，而你可以决定今天是否应该比昨天更加智慧、更加仁慈或更加卑鄙。也许你的身体和大脑想变得懒惰、粗心大意或者富有想象力，但是由你来选择这些品性发展到什么程度（即使你并非性格果断的人）。

说来有趣，这些由我们自己自由选择特性正是其他人对我们的印象。我们如何在由出身和背景搭建的大牢笼里处理生活中大量的现实选择，决定了我们是谁。这是在我们离开人世后他人对我们评论的内容。不是我们的先天条件，而是我们的选择。

科技同样如此。技术元素一定程度上是由其内在本质——这是本书更高层次的主题——预先决定的。基因推动人类成长的必然过程，从受精卵开始，发育为胚胎，然后变成胎儿，接下来是婴儿、蹒跚学步的幼童、儿童、青少年，这也是技术元素在各发展阶段表现出来的最长远趋势。

在生活中，成为青少年是无可选择的。体内将分泌奇特的激素，身体和大脑一定会发生变化。文明遵循类似的发展路径，但是其主要过程不那么确定，因为我们亲眼见过的文明比见过的人更少。不过我们能够发现必然出现的排序：一个社会首先必须控制火，然后掌握金属加工，接下来学会发电，最后建立全球通信网络。也许对于序列真正包含什么内容还有争议，可是的确存在一个序列。

同时，历史也有重要影响。各种技术系统获得自身的动力，发展得如此复杂，自聚集程度如此之高，以至于它们相互间构成了交叉环境。汽车的辅助基础设施范围非常广泛，在经历一个世纪的扩张后，现在已影响到交通工具之外的技术。例如，作为公路体系配套设施的空调系统的发明推动了亚热带地区城郊的发展。廉价空调的发明改变了美国南部和东南部的风景。如果空调被无汽车社会采用，结果会有所不同，尽管空调系统的技术动力和内在特性不变。所以，技术元素每一次新发展都取决于已有技术在历史上的应用先例。在生物领域，这种效用被称为共同进化，指的是一种物种的“环境”是其他所有与之互动的物种构成的生态系统，它们全部处于不断变化中。举例来说，猎物和捕食者一起进化，同时相互使对方进化，犹如永不停息的军备竞赛。宿主和寄生虫在互相尝试击败对方的过程中，组合为二重唱。生态系统与新物种构成了适应与反适应的变动关系。

在必然性力量构筑的边界内部，我们的选择产生这样的结果：它们长期获取动力，最终这些偶然事件升华为科技规律，其未来形态几乎不可改变。有这样一个基本属实的老故事，是关于早期选择的长期

结果的：罗马的普通运货马车宽度与罗马帝国战车匹配，因为这样更容易跟随战车在道路上碾压出的车辙。战车的尺寸不小于两匹高大战马的宽度，换算成英制单位为4英尺8.5英寸。纵贯庞大罗马帝国的道路都是按照这个特定尺寸修建的。罗马军团长驱直入不列颠岛时，建造了4英尺8.5英寸宽的帝国大道。英国人开始修建索道时，采用的是同样的宽度，以便相同的四轮马车派上用场。而当他们开始修建铁路用于无马火车厢行驶时，铁轨的宽度自然也是4英尺8.5英寸。英伦三岛的劳工移民在美国修建首条铁路时，使用的是相同的工具和模具。现在发展至美国航天飞机，它的零部件产自全美各地，最后在佛罗里达州组装。因为发射端的两台大型固体燃料火箭发动机通过铁路从犹他州运来，这条线路要穿越一条比标准铁轨略宽一点的隧道，火箭本体直径不能超出4英尺8.5英寸太多。用诙谐的话总结就是：“于是，世界上最先进的交通体系的一个重要设计参数2000年前就已经由两匹马的屁股宽度决定了。”长期以来，科技多多少少就是以这样的方式约束自我。

过去1万年科技的发展影响着每个新时期科技的预定历程。例如，早期电力系统的简陋设施可以通过多种方式影响成熟电网的特性。工程师可以选择支持集中化的交流电，也可以选择支持分散化的直流电。系统电压可以设为12伏（外行的设计）或250伏（专业人士的设计）。法律制度可以支持或不支持专利保护，业务模式可以是营利性的，也可以像慈善事业那样成为非营利的。这些初始特性还影响到在电网系统基础上形成的互联网的发展过程。所有这些变量将这个不断变动的系统引向不同的文化方向。不管怎样，某种形式的电力化是技术元素无法逃避的必要阶段。紧随其后的互联网也是必然的，但是它的具体特性取决于此前科技的总体进程。电话也是必然的，而iPhone不是。我们可以用生理学现象作比喻：人类青春期是必然的，但行为不端不是。任何个人必然的青春期的具体表现部分依赖于他或她的生理条件，而生理条件又部分依赖于他或她过去的健康状况和生活环境，同时也取决于个人自由意志下的选择。

科技如同人的个性，由三元力量塑造而成。首要的推动力是预定式发展——科技自身的需求。第二种动力是科技史的影响，也就是旧事物的引力，就像马车的尺寸决定太空火箭的尺寸那样。第三股力量是人类社会在开发技术元素或确定选择时的集体自由意志。在第一种必然性力量作用下，科技的进化路径既受到物理法则的制约，又被其复杂的大型自适应系统内部的自组织趋势控制。技术元素趋向于特定的宏观形态，即使退回到过去也是如此。即将发生的事情取决于第二种力量，即已经发生的事情，因此历史动力制约我们未来的选择。这两种力量引导技术元素沿着受限路径前进，又严重制约我们的选择。我们喜欢认为“未来一切皆有可能”，而事实上就科技而言，一切不一定可能。

与前两种力量明显不同，第三股力量是我们确定个人有效选择和集体决策时的自由意志。与我们能想到的全部机会相比，我们的选择范围非常狭窄。可是与1万年前、1000年前甚至去年相比，我们的机会正在增多。尽管我们受到的制约是极其广泛的，但我们拥有的选择比我们知道如何处理的更多。借助技术元素这台发动机，这些真实选择将持续增多（尽管上层路径是预定的）。

不仅科技史学家，普通的史学工作者也认识到了这个悖论。文化史学家戴维·阿普特（David Apter）的观点是：“人类自由实际只存在于历史进程的约束中。虽然不是一切皆有可能，但我们仍然有很多选择。”科技史学家兰登·温纳用下面的话总结自由意志和必然事物的偶然性：“科技似乎在按照因果循环稳步前进。这并不排斥人类的创造力、智慧、习性、运气或执念会偏向某个方向，而不是其他方向。所有这些都被卷入人类进步的洪流，成为各种进程中的片段。”

技术元素的三元本质与生物进化的三元本质相同，这绝非巧合。如果技术元素确实是生命进化过程的加速延伸，就应该受同样三种力量的控制。



一种动力是必然性。基本的物理法则和自发的自组织过程推动进化向特定形态发展。具体物种（生物或科技）的微观细节是不可预测的，但是宏观形态（如电机、二进制计算）是由物质和自组织的物理法则决定的。这股无法逃避的力量可被视为生物和科技进化的结构必然性（如图9-2左下角所示）。



图 9-2 生物进化的三元力量。生命发展历程中的三种进化动力

动力三角形的第二个角是进化的历史（或者偶然性）因素（图9-2右下角）。意外事件和偶然机会引导进化过程百转千回。这些偶然因素长期积累，凭借内在动力创造出生态系统。历史的作用不可磨灭。

进化过程的第三种力量是适应功能——优化和创新产生的不断解决生存问题的持久动力。在生物学中，这是无意识的、无目的的自然选择不可思议的力量（如图9-2最上角所示）。

可是对于技术元素，适应性功能不像它在自然选择中那样是无意识的。相反，它对人类的自由意志和选择开放。这个由人类意识产生的领域包含很多决策，这些决策来自关于必然性发明的政府言论和数十亿人作出的是否（以及如何）使用或避免某些发明的个人决定。生物进化没有设计者，而技术元素的进化有智能设计者——现代智人。当然，这种有意识的开放式设计（如图9-3最上角所示）就是技术元素成为世界上最强大力量的原因。



图 9-3 科技进化的三元力量。对于技术元素，  
功能性动力被同等力量代替：意识

科技进化的另外两个力量与生物进化的相同。基本的物理法则和自发的自组织过程推动科技进化经历一系列必然的结构形态——四轮汽车、半球形小船和书页等。同时，已有发明的历史偶然性产生了驱使进化过程曲折前行的惯性——在必然性发展的约束范围内。给技术元素赋予特性的是第三个力量，也就是拥有自由意志的个体的集体选择。正如我们的自由意志在个人生活中的选择塑造我们的个性（无法用言语表达的“人格”）一样，我们的选择也造就了技术元素。

我们也许不能选择工业自动化系统的宏观结构——装配线工厂、以矿物燃料作为能源、大众教育以及时间的精确性，但可以选择这些组成部分的特性。我们有权自主选择大众教育的默认内容，从而逐渐改变系统，使之或者实现平等最大化，或者有利于优秀人才的培养，或者鼓励创新。我们可以改变工业装配线的发明，要么追求产出最大化，要么追求工人技能最优化，这两条路径导致不同的文化。每个技术系统可以设定可供替换的默认值，这项技术的特征和个性将因默认值不同而改变。

从太空中可以方便地观察到选择的结果。扫过天际的人造卫星记录夜晚的城市灯光。从轨道上看，地球上每一个亮灯城市犹如技术元素的夜间画像的一个像素。均匀的灯光表层展现了科技发展水平。在

亚洲，灯光的均匀散布被一大片黑暗无光的地区打破。黑暗轮廓与朝鲜的边界线完全吻合。

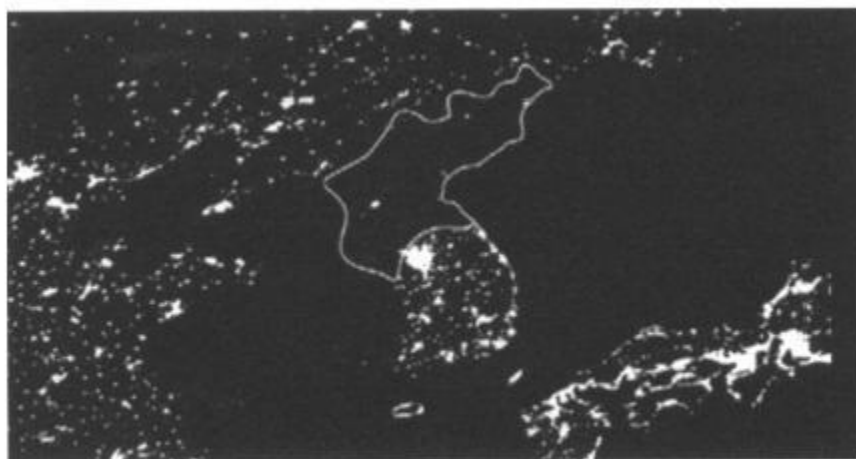


图 9-4 夜晚的朝鲜。夜间卫星在东亚上空拍摄的照片显示现代科技资源的匮乏。朝鲜的轮廓用白线标出

斯坦福大学经济学家保罗·罗默（Paul Romer）指出，这片明显暗淡的区域是当地政策的结果。产生夜间灯光的所有科技要素都对朝鲜开放，周边明亮区域可以证明，但是作为一个国家，朝鲜向外界展现的是它的电力系统稀少而分散，几乎没有。这幅令人印象深刻的科技选择图就是这样诞生的。

在《非零》（Nonzero）一书中，作者罗伯特·赖特（Robert Wright）提供了绝妙的比喻，帮助读者理解必然性对科技的作用。下面我要解读这个比喻。赖特说，断言微小种子——例如罂粟种子——命中注定要成为一株植物是恰当的。按照花卉10亿年的发展历程铸成的永恒的固定程序，花卉收获种子，种子长成植物。成长发育是种子的职责。从这个基本意义上说，罂粟种子成长为植物是必然的，虽然有相当数量的罂粟籽最后被撒在面包圈上。承认罂粟的成长方向不可变更，并不意味着要求100%的种子都发育到下个阶段，因为我们知道，在罂粟籽内部发生作用的是DNA程序。种子“想要”成为植物。更准确的说法是，罂粟种子的先天属性决定了它将长出特定类型的茎、

叶和花。我们很少把种子的命运等同于有多少将走完整个旅程的统计概率，更多的是从它的预设结局来考虑。

断言技术元素凭借自身动力实现某些必然的技术形式，不代表认为每种技术都有数学上的确定性。确切地说，它更多的是显示一种方向，而不是宿命。更确切的说法是，技术元素的长期趋势揭示了它的内在属性，而内在属性又说明技术元素注定的发展方向。

必然性不是缺点，它让预测变得更加简单。我们的预测越准确，就越能作好准备迎接未来。如果我们能够辨识出技术元素的各种持久力量的主流，就可以更好地教育孩子掌握合适的技能和文化知识，这些是他们将来成为社会精英所需要的。为了反映即将到来的现实，我们可以修订法律和公共机构的默认条款。举例来说，如果我们实现了给每个人从出生或者更早开始的完整DNA进行排序（这是必然的），那么用遗传学知识指导大家就绝对有必要。每个人都应当知道：代码可以和不可以提供哪些信息受什么限定，有亲缘关系者基因如何变化或完全相同，什么力量可能影响它的完整性，哪些相关信息可以共享，诸如“血统”和“种族”之类的概念在这样的背景下意味着什么，如何使用这种知识获得合适的疾病疗法。全新的世界将开启，也许需要时间，但我们现在可以开始筛选出这些机会，因为按照外熵定律，这个全新世界的到来是必然的。

随着技术元素的发展，更好的预测预报工具将帮助我们认识必然事物。回到前文的青春期比喻，因为我们可以预见人类青春期的必然出现，所以能够更好地在那段时间提升自己。青少年的生理发育迫使他们为获得独立性而冒险。进化“需要”敢于冒险的青少年。知道青春期将有冒险行为既能让青少年（你很正常，不是怪物）和社会（他们会成熟起来的）安心，又能引导青少年对这种正常的冒险行为加以控制，使之转化为进步和收获。如果我们确定全球性的无中断网络是文

明发展过程中的一个必然阶段，就可以打消对这种必然事物的疑虑，同时把它作为动力促使我们尽可能地建造最好的全球网络。

科技进步让我们拥有更多机会，而且如果我们聪明机敏，还可以从中掌握更好的方法来预测这些必然趋势。科技带给我们的真实选择将产生重要影响力。尽管某个技术阶段受制于预定的发展形态，但它的特定细节对我们具有非常重要的意义。

发明和发现都是技术元素的固有结晶，等待时机展示自己。定向发展的技术及其预定模式没有任何神秘之处。所有保持稳定自组织的自适应复杂系统——从银河系到海星再到人脑——将展现自发形态和固有方向。我们称这些形态为必然事物，是因为不论何时，只要环境适合，它们就会像排水时产生的旋涡或者冬日暴雪中的雪花一样显露无遗。当然，它们表现出来的细节绝不会完全相同。

技术元素的旋涡按照自己的节奏、自己的规则和自己的方向发展。它的父母和创造者——人类——不再拥有完全的掌控力。像所有父母一样，我们感到忧虑，在技术元素的影响力和独立性增强的背景下尤其如此。

可是技术元素的自主性也为我们带来巨大收益。作为具有生命力的系统，它的自主性引发了真实的长期进步。科技最具吸引力的部分也要归功于它的自我强化的长期趋势。

自我保护、自我扩展和自我成长的激励是任何生物的自然状态。我们不会抱怨狮子、蝗虫或者我们自己的自我本性。不过对于我们的孩子来说，在他们的童年时期，他们儿童式的自我天性有时让我们苦恼，这时我们必须承认他们有自己的生命节奏。尽管他们的生命是我们生命的延续（他们的一切细胞完全来自我们的细胞），但他们也有自己的生命特性。不论我们见过多少婴儿，每次孩子们表现出这样的独立性时，我们还是会感到不安。

技术元素也有这样的时刻，人类正集体面对其中的一次。在生物界，我们每天都要遇到这样的自然生命循环，而在科技领域中还是第一次，我们对此感到不安。我们面对科技自我意识时的震惊与这一事实有关：从技术元素的定义上说，我们是它的一部分，并且将始终保持这样的关系。用心理学家谢里·特尔克的话来说，科技是人类的“第二自我”。它既是“他者”，也是“我们”。它与我们的生物后代不同，后者长大后思维完全独立，技术元素的自主性包括我们和我们的集体思维。我们是它自我本性的一部分。

因此，人类永远无法摆脱科技正在面对的困境。它是我们使用过的最精巧的工具，不断得到升级，推动人类社会进步。它也是最成熟的涵盖人类的超级有机体，独立于我们为它设定的方向而前进。人类既是技术元素的主宰者，也是它的奴隶。我们的命运将是保持这种令人不快的双重角色。所以，我们将始终对科技存有矛盾心理，难以作出选择。

可是我们的担忧不应该包括是否拥抱科技。我们已经不只是拥抱，而是与它共同进退。从宏观意义上说，技术元素正沿着它的必然进程前行。而在微观层面，意志决定一切。我们的选择将是与它一起进入同样的轨道，为所有人与事物增加选择和机会，并且给科技的具体形态赋予优雅和美丽。或者，也可以选择（我认为这种选择不明智）抗拒我们的第二自我。

技术元素在我们心中激起的矛盾归因于我们拒绝接受自己的本性——事实是，我们与自己制造的机器连为一体。我们是自我创造的人类，是我们自己最优秀的发明。如果我们集体排斥科技，就为自己贴上了仇恨自我的标签。

“我们信任自然，但我们的希望来自科技。”布赖恩·阿瑟说道。希望存在于接受我们的本性。我们与技术元素同步运动，这样，当条件满足时我们可以做好更充分的准备去驾驭它，同时更加明确我们的前

进方向。通过追求科技之追求，我们可以更加轻松地发挥它的全部作用。

## 第三部分 选择



## 第十章 邮包炸弹客言之有理

### 专家导读

接下来的三章有一个共同的主题，叫做“选择”。

值得注意的是，作者并非在寻常意义上使用这个词汇的，比如从超市琳琅满目的货架上“挑选”。也就是说，技术元素、科技产品并非静静地摆在那里，等待你去“拿来就用”。

本章的“邮包炸弹客泰德·卡钦斯基”的例子，以及下一章美国少数族裔阿米什人看待和使用科技的态度，就是为了说明“选择”的复杂性。

从1978年5月26日寄出第一个邮包炸弹开始，1962年毕业于哈佛大学，并在密歇根大学获得数学博士学位的卡钦斯基，在接下来的17年里，共寄出了16个邮包炸弹，导致3人死亡、23人受伤的惨剧。

就是这样一位极端仇视科技文明的现代卢德分子，卡钦斯基坚定地认为“自由与科技进程互不相容”。

过去100年来人类发明的炸药、飞机、马克西姆机关枪、潜艇以及无线电装置，几乎所有的发明者都期待这些发明将“终结战争和苦难”，就像青霉素、牛痘种植术、麻醉药品和汽车引擎一样。

然而，“全球变暖、环境毒害、肥胖症、核恐怖主义、广告、物种消失和药物滥用，只是众多由科技造成的严重问题中的几个例子”。

凯文·凯利看到了科技陷入的困境。作者之所以讲述卡钦斯基的案例，绝非对这个制造炸弹袭击的偏执狂报以同情，而是引出了一个更深刻的问题：“认识到技术元素自发产生自主性”是一件必须面对的事情。

科技的两面性，绝不可能通过“终止科技进程”（像卡钦斯基的极端行为那样），也不可能通过拒绝技术元素，退回到原始状态去。

科技是“第二自然”，显然人类尚未学会与之相处。凯文·凯利认为，卡钦斯基至少有一点是富有洞察力的：“随着时间的流逝，开始不具有控制性的选择会越来越成为社会的必需品。”这是技术元素“与生俱来”的天性。

阅读本章内容，需要尽力体悟“技术元素”自主的活性，而不是仅仅把它当做毫无生命的工具。

1917年，奥维尔·莱特预测：“飞机将以多种方式促进和平——具体来讲，我认为它会形成一种趋势，使战争不可能发生。”他在重复此前美国记者约翰·沃克的观点，后者1904年断言：“作为和平机器，（飞机）对世界的价值将难以计算。”这不是科技第一次发出庄严的承诺。同一年，儒勒·凡尔纳宣称：“潜水艇也许会完全终结战争，因为舰队将失去作用，随着其他战争工具持续改进，战争将不再可能。”

瑞典炸药发明家和诺贝尔奖的创建人阿尔弗雷德·诺贝尔坚信他的爆炸品可以制止战争：“我的炸药将比世界上1000种发明更早地实现和平。”1893年机关枪发明人海勒姆·马克西姆被问及“这种枪难道不会使战争更加可怕吗”，他以诺贝尔式的语气回答：“不，它会消灭战争。”1912年无线电之父古列尔莫·马可尼告诉世界：“无线电时代的来临将驱走战争，因为它会让战争变得愚蠢可笑。”詹姆斯·哈伯德将军于1925年担任美国无线电公司董事会主席，他认为：“无线电将有助于实现这一理念：愿世界得太平，人间持善意。”

19世纪90年代电话商业化后不久，美国电话电报公司首席工程师约翰·J·卡蒂预言：“未来某天我们将建造世界级电话系统，通用语言或通用的语言理解方式成为所有人必需的，这将让全世界人民成为兄

弟。整个地球都能听到一个响彻苍穹的伟大声音：‘愿世界得太平，人间持善意’。”

尼古拉·特斯拉声称他的发明是“无须电线的经济实惠的电力传输方式……将为地球带来和平与和谐”。当时是1905年，由于我们还没有掌握经济实惠的无线电力传输技术，世界和平仍然有希望。

科技史学家戴维·奈在一份有望一劳永逸地终止战争、带来广泛和平的发明清单上添加了水雷、热气球、毒气、地雷、导弹和激光枪。奈说：“每一种新的通信手段——从电报和电话到无线电、电影、电视和互联网，都被宣布为言论自由和思想解放的捍卫者。”

乔治·金特1971年在《纽约时报》上发表了一篇关于互动有线电视的文章称：“支持者赞美这项计划是……迈向政治哲学家梦想的参与式民主的一大步。”今天，关于互联网带来民主化以及和平效应的承诺令所有有关电视的类似宣言黯然失色。而让未来学家约耳·加罗（Joel Garreau）惊奇的是，“考虑到我们了解电视的遭遇，我对计算机技术现在被视为圣物这一现象感到惊讶。”

不是说所有这些发明都没有价值——哪怕是民主价值。应该说，事实是新技术产生的问题比它解决的问题还要多。“实施解决方案的结果是产生新问题。”布赖恩·阿瑟说。

世界上大多数新问题都是过去的技术造成的，我们几乎看不到这些源自技术的问题。每年有120万人死于交通事故，占主导地位的科技交通体系杀死的人比癌症还多。全球变暖、环境毒害、肥胖症、核恐怖主义、广告、物种消失和药物滥用只是众多由技术造成的严重问题中的几个例子，这些问题使技术元素陷入困境。技术评论家西奥多·罗萨克说：“我们容易把城市工业化社会的某些事物划入‘进步’范畴，但是其中有多少确实消除了上一轮技术创新遗留下来的恶果呢？”

接受科技，就必须正视它的代价。数千种传统谋生技能受到进步的排挤，围绕这些职业的生活方式消失了。今天数亿人在他们厌恶的工作岗位苦苦支撑，制造他们毫无好感的产品。有时这些工作还会造成身体伤痛、残疾或者慢性病。科技创造了很多新的无可置疑的危险职业（例如采煤业）。同时，大众教育和媒体向人们灌输这样的观念：回避技术含量低的体力工作，去数字科技行业求职。手脑分离给人们精神上带来压力。事实上，收入最高的工作需要久坐不动，这种特征威胁身体和大脑健康。

科技不断膨胀，直到填满你我之间的每个缝隙。我们不仅关注邻居的生活，而且暗中窥探任何让我们感兴趣的人。我们的交友录上有5000个“朋友”，但心里其实只给50个人留了空间。我们的影响力超出了我们的关心能力。我们改变自己的私人生活，与科技同步，于是犯罪团伙、狡猾的广告商、政府和社会体系疏忽大意造成的混乱乘虚而入，操控我们的思想。

用在机器上的时间一定是从其他地方挤出来的。新近发明的消费类电子设备如洪水般涌来，挤占了我们使用其他器具或从事其他人类活动的时间。10万年前，现代智人在觅食期间通常远离技术。1万年前农夫每天也许会抽出几个小时干活。仅仅1000年前，中世纪的技术无处不在，但只是游走于人际关系的边缘，没有进入中心。今天科技处于我们学习的、看到的、听见的、制造的一切事物的中心。它已经渗透至食物、爱情、性生活、抚养后代、教育、死亡等方方面面。我们的生命正按照机器的时间运动。

作为世界上最强大的力量，科技往往会支配我们的思想。因为科技无处不在，它完全控制一切活动，指责一切非技术的解决方案不可靠或者无效力。由于它能够推动进步，在我们心中，制造品的地位要高于我们的孩子。野生药草和人工制造的药品，我们会认为哪种疗效更好？甚至我们赞赏美好事物的文化用语也变为机械式的词汇：“像玻

璃一样光滑”、“明亮有光泽”、“质地纯正的”、“防水的”、“像钟表一样准时”——无一不在暗示人造制品的优越性。我们被禁锢在诗人威廉·布莱克所称的“头脑锻造的镣铐”的技术框架中。

通常，只要机器能够完成某项任务，就足以说服我们让它去实施这项任务，即使开始时它表现很糟糕。第一批机器制造的物品，例如长袍、中国碗、书写纸、篮子和盛在容器里的汤，品质都不是非常好，只是很便宜。我们经常为了特定的范围有限的目标发明某种机器，然后，像是感染了尼尔·波兹曼所谓的弗兰肯斯坦<sup>[1]</sup>综合征，这种机器按照自己的动机发展壮大。“一旦机器造好，”波兹曼写道，“我们总是出乎意料地发现，它有自己的理念；它不仅非常擅长改变我们的习惯，而且……改变我们的思维定式。”这样，人类成为机器的助手，或者用卡尔·马克思的话说，成为它的附属品。

人们普遍有这样一种观念：技术元素的发展只能以不可替代的资源、传统栖息地和无数的野生动物为代价，而回报给大自然的只有污染、柏油路和规模巨大的垃圾。更糟的是，同样的技术从世界上最弱小的群体——自然资源最丰富、经济实力最落后的国家——那里汲取养料供养最强大的群体。因此人类的进步在养肥少数幸运儿的同时，却让不幸的穷人忍饥挨饿。很多承认技术元素推动社会发展的人因为它对自然环境的危害而拒绝完全接受科技的规则。

这种侵蚀是真实的。科技进步的代价通常是生态环境的破坏。技术元素从地球内部采掘铁矿，砍伐森林获得木材，从石油中提取塑料和能源，最后付之一炬排入大气。它的工厂侵占湿地和草场。1/3的地球陆地表面已经被农业和人类住所改头换面。我们可以编写长长的清单，列出被削平的高山、被污染的湖泊、被抽干的河流、砍伐殆尽的森林、污浊的空气和大幅减少的多样性。更恶劣的是，人类文明要为很多独特生命物种的永久灭绝负责。在地质年代，正常的或者说基本

的物种消失速度是每4年1个物种。今天，最低估计是地质年代的4倍，人类造成物种灭绝的速度也许是数千倍。

10年前我领导了一项为地球上的所有生命编列目录的开创性工程，因此碰巧对这种大毁灭略有了解。我们有历史证据证明过去2000年大约有2000个物种灭绝，也就是每年一个，是自然速度的4倍。然而，其中绝大部分出现在过去的200年内，因此当前已知的年均灭绝速度惊人。由于我们已经鉴定了5%的地球物种，并且很多等待命名的物种与记录在案的灭绝物种居住于正在消失的相同环境中，因此我们可以推测出将要灭绝物种的大致数量。估计的最大值为每年5万种。事实上，我们不知道地球上到底有多少物种，也不清楚已鉴定的物种所占比例是多大，甚至对最新的比例也一无所知，唯一能够确定的是，我们正在以快于过去的速度毁灭物种，这足以称得上犯罪。

然而技术元素本身不存在任何必然导致物种消失的力量。对于任何导致环境破坏的现有技术手段，我们可以设计替代方案加以制止。实际上，对于我们有能力创造的任意一项技术X，都存在（或者说可能存在）对应的更加环保的技术Y。我们总能找到方法增加能源，提高资源利用率，改进相似的生物进程，减轻生态系统的压力。“我无法想象人类竟然做不到将技术的环保性提高几个数量级，”保罗·霍肯说，他是环境安全技术的著名支持者，“可是在我看来，我们甚至还没有跨入绿色技术的大门。”诚然，更加环保的改进技术也许会以未知的新方式危害环境，但这只是意味着还需要新的创新来弥补这个缺陷。所以我们在绿色技术上的创新潜力永远不会衰竭。既然我们可以无限制地研究科技能够达到的生物性程度，那么这种可扩展的范围向我们表明，科技本性是亲生命的。从最基本的层面说，技术元素与生命有可能兼容，它需要的只是发挥出那样的潜力。

未来学家保罗·萨夫指出，我们经常将确定的未来愿景与近期前景等同起来。现实中，科技在我们的想象力和能力之间制造令人苦恼的

不和谐。电影制片人乔治·卢卡斯对科技的永恒困境作了阐述，我无法想出比这更好的解释。1997年，我拜访卢卡斯，了解他在以往的《星球大战》系列影片中发明的全新高科技拍摄方法。他显示了综合运用计算机、照相机、动画制作和真人动作的必要性，通过这种方法创造连续的电影世界和有层次感的影像，几乎就像在电影中作画。在卢卡斯之后，其他动作片的先锋导演吸收了他的理念，其中詹姆斯·卡梅隆在《阿凡达》中就用到了这种方法。在卢卡斯的年代，他颠覆性的新处理手段达到先进技术的最高点。然而，尽管他的创新技术具有未来色彩，很多评论家却断言，他后来的作品并没有因此得到任何提高。我问他：“你认为科技正在让世界变得更加美好还是更加糟糕？”卢卡斯回答：

如果观察科学和一切已知事物的发展曲线，会发现它像火箭一样拔地而起。我们在这架火箭上，沿着完美的垂直线冲入星空。可是人类的情商即便不是比智商更重要，至少也是同等重要。我们在情感上的无知和5000年前一样，因此从情感上来说，我们的轨迹线完全是水平的。问题在于水平线和垂直线渐行渐远，裂隙的扩大将会产生某种后果。

我认为我们低估了这条缝隙的张力。长期来看，这一点也许可以得到证明：技术元素对传统自我的腐蚀造成的恶果大于它对自然界的腐蚀。兰登·温纳认为生命力量具有某种保护性：“当人们全身心投入机器时，他们自己的生命会大幅减弱。人类能量和个性的转移掏空了他们的身心，尽管他们可能绝不会承认内心的空虚。”

转移不一定是必然的，但的确发生了。当机器替代人类从事更多的工作时，人类自己往往会减少同类型的工作。我们不像过去那样总是走路，而是让汽车替代我们的双腿。我们不再挖掘，而是使用挖土机。我们不再捕猎，不再采集食物，不再敲敲打打、缝缝补补。除非必要，我们不阅读，不计算。我们正在让谷歌代替我们记忆；只要清

洁机器人价格足够低廉，我们就急于将清洁工作易手。工程专业学生埃里克·布伦德用了两年时间像门诺教徒一样生活，他说：“（机器）复制必不可少的人类能力，这也许只会导致两个后果：削弱人类的能力或在智人和机器之间制造竞争。这两种后果对于智人内部有自尊心的成员都是不体面的。”科技逐步瓦解人类的自尊，质疑我们在世界上的作用和我们的本性。

我们可能因此愤怒。技术元素是超越人类控制的全球性力量，似乎无边无际。一些受到广泛赞同的睿智见解认为，人类没有掌握反作用力来阻止科技侵占地球每一寸可触及的土地并建造全球性超级都会——星球般大小的城市，就像艾萨克·阿西莫夫科幻故事中的川陀星或卢卡斯《星球大战》中的科洛桑星。务实的生态学家认为，还在全球性都会远未建成时，技术元素的规模将超出地球自然系统的承受力，于是要么停止发展，要么崩溃。相信技术元素能够无限提供代用品的富饶论者则认为没有任何事物可以阻止文明的无止境发展，因此他们赞成建造全球都会。两种前景都令人不安。

大约1万年前，人类越过了这样一个临界点：我们改造自然界的能力超过了地球改造我们的能力。这个门槛就是技术元素的起点。当技术元素改造我们的能力超过我们改变技术元素的能力时，第二个临界点出现了。有人称之为奇点，但我认为这个名称还不是很合适。兰登·温纳声称：“作为整体现象的科技（也就是我所说的技术元素）让人类的意识相形见绌，使人类难以理解他们将会操控的系统。借助这种超越人类控制但仍然按照自身内部结构良好运转的趋势，作为整体现象的科技构成了‘第二自然’，超然于人类对其特定成分的欲望和预期之外。”

泰德·卡钦斯基是一名被判有罪的炸弹客，他用邮包炸弹袭击了数十位高科技专业人士，造成3人死亡，但他说对了一件事：科技有其自身的发展规律。它有自我。技术元素并不像大多数人认为的那样是一



系列用于出售的无关联人工制品和发明。以邮包炸弹客身份发表言论的卡钦斯基提出不同见解，他重复温纳的论点和我在本书中谈论的诸多观点，宣称科技是动态的整体系统。它不只是硬件设备，确切地说，它类似于有机组织。技术元素并非缺乏活力，不是被动的，而是寻找并获取资源扩展自身。它不只是人类行为的集合，事实上它高于人类行为和欲望。我认为卡钦斯基的这些言论是正确的。他在那份臭名昭著、毫无头绪的35000字宣言中写道：

（科技）系统的存在不是也不能为了满足人类需求。相反，人类不得不调整自己的行为以满足系统的要求。这与那些自认为可以引导科技系统的政治或社会观念无关。造成这种恶果的责任在于科技，因为引导系统的不是观念，而是科技自身的必然性。

我也认为技术元素的引导者是“科技必然性”。也就是说，在巨大的科技系统复合体的核心熔接的不仅是自助式要素——自我激活的技术和自我维持的系统，还有引导技术元素摆脱人类欲望的束缚、朝着特定方向发展的内在牵引力。卡钦斯基写道：“现代科技是整体系统，它的所有要素相互独立。你无法去除‘坏’的部分，只保留‘好’的部分。”

卡钦斯基观察到的事实不能赦免他的谋杀罪行，或者使他的疯狂仇恨合理化。卡钦斯基看到了科技的某些实质，这导致他滥用暴力。可是尽管心理失衡，犯下道德罪行，他仍然可以阐述自己的观点，清晰程度令人吃惊。为了让他的宣言得以发表，卡钦斯基寄出16个炸弹，杀死3人（还造成23人受伤）。他的绝望和卑劣罪行所隐藏的批判在其他卢德分子 [\[2\]](#) 当中获得少数人的支持。这里，卡钦斯基以一丝不苟的学术般的准确性发表他的主要宣言——“自由与科技进程互不相容”，因此必须终止科技进程。他的核心观点很明确。卡钦斯基因为左派人士限制他的慷慨陈词而怀有强烈的个人怨恨，所以特意使用如此明确的措辞。

我阅读了几乎所有与科技有关的哲学和理论著作，与很多思考这种力量本质的最睿智的人进行过交谈。因此当我发现对技术元素最敏锐的分析出自一个有精神疾病的多重谋杀犯和恐怖分子时，感到十分沮丧。该拿他怎么办？几个朋友和同事建议我在本书中不要提及邮包炸弹客。有些人对我不听劝告深感不安。

有3个理由促使我详细引用邮包炸弹客的宣言。首先，他对技术元素自主性的论述简洁明了，常常让我自叹不如。其次，在受到很多科技怀疑论者支持的观点（被很多没那么激进的普通民众共享的观点）中，我没有发现更好的例子。这种观点认为世界上最大的问题不能归因于个人发明，而应归结为科技本身的整体自支持系统。最后，我认为传播下面这一事实具有重要意义：认识到技术元素自发产生自主性的，不仅有我这样的科技支持者，还有那些蔑视它的人。

邮包炸弹客对于技术元素自我强化的本质的论述是正确的。但我不同意卡钦斯基其他很多观点，特别是他的结论。卡钦斯基被误导了，因为他的逻辑与人伦道德背离，不过他具有数学家的禀赋，逻辑推导颇有见地。

就我的理解，炸弹客的观点如下：

- 个人自由受制于社会，在任何文明中都要追求秩序。
- 科技让社会变得越强大，个人自由就越少。
- 科技破坏自然，这反过来又强化它的力量。
- 因为持续破坏自然，技术元素最终将崩溃。
- 同时，科技自我强化过程的防倒退棘轮比政治更有影响力。
- 试图运用技术驯化科技系统，只会加强技术元素的力量。

·因为无法驯化，所以必须毁灭科技文化，而不是改良。

·由于不能通过技术或政治摧毁技术元素，人类必须推动它走上自我崩溃的必然之路。

·因此我们应该在科技衰退过程中予以重击，彻底摧毁，防止其东山再起。

简而言之，卡钦斯基认为文明是我们问题的根源，而不是解决问题的良方。他不是第一个发表此类论断的人。弗洛伊德早就大声抱怨过文明机器，并且言辞更加激烈。其实，随着工业化进程的加速，对工业社会的攻击也在加速。富有传奇色彩的生态保护主义者爱德华·艾比认为工业文明是毁灭地球和人类的“超级破坏力量”。艾比通过他的“活动扳手”策略——蓄意拆毁伐木设备以及其他类似机器，尽最大可能阻止这股破坏力量。艾比是“地球优先”运动的勇士，鼓舞了众多同样激进的追随者。卢德分子理论家柯克帕特里克·塞尔与艾比不同，他一面指责机器，一面住在曼哈顿的上等街区。他提出了一个精简的观点——“文明如恶疾”。（1995年，在我的鼓动下，塞尔拿出1000美元在《连线》杂志上和我打赌，主题是2020年文明是否会崩溃。）最近，解散文明，回归更加纯洁、更加人道的原始状态的呼声越来越频繁，与全球网络和永远在线技术迅速加强联系的过程同步。一批崇尚空谈的革命者发行图书、建设网站，鼓吹决战时刻即将来临。1999年，约翰·泽尔赞出版了一套当代文集，主题是《反抗文明》（Against Civilization）。2006年，德里克·詹森发表了1500页的专著，内容是如何以及为什么要推翻科技文明，并附上选择理想场所——例如输电线、输气管道以及信息产业基础设施——开始实际操作的建议。

卡钦斯基读过早期工业社会的长篇悲惨故事，像其他很多自然主义者、登山爱好者和回归大地者那样产生了对文明的仇恨。他被迫与世隔绝。作为理想远大的数学教授，卡钦斯基被社会强加的诸多规则和期望压垮。他说：“规则和法律本质上具有压迫性，即使‘好’规则也

会减少自由。”他不能融入专业分工的社会，辞去助理教授的职位，而他所受的教育和社会对他的训练恰恰需要他承担这样的工作，这令他深感沮丧。他在那份宣言中表达了这种失落：

现代人被规则和法律捆住手脚.....这些法规大多数不能取消，因为它们是工业社会运转所必需的。当人们没有充足的机会时.....将产生厌倦感、道德败坏、缺乏自尊、自卑心态、失败情绪、抑郁感、焦虑感、负罪感、挫折感、敌对心理、家庭暴力、贪婪的享乐主义、反常性行为、失眠、睡眠障碍、饮食紊乱等。（工业社会的规则）让人类没有生活的成就感，遭受侮辱，普遍遭受心理折磨。我们使用“自卑心态”这个短语，不仅指代最严格意义上的自卑感，而且包括一系列相关心理：缺乏自尊、无力感、抑郁倾向、失落感、罪恶感和自我憎恨等。

卡钦斯基遭受这些侮辱，他怪罪于社会，逃离到山间，他认为在那里可以享受更多的自由。在蒙大拿，他建起小屋，但没有自来水和电力。他在这里过着完全自给自足的生活，远离社会规则和科技文明的触角。（但正如梭罗在瓦尔登湖畔那样，卡钦斯基前往镇上补充生活用品。）然而，这种远离科技的生活在1983年左右被打断了。卡钦斯基把他喜欢游玩的一块绿洲称为“自第三纪就存在的高原”，从小屋到绿洲要走两天。对他来说，这个地方就像秘密的藏身处。按照后来卡钦斯基对《地球优先》（Earth First!）杂志记者的描述，“它是那种沟壑纵横的地形，不是一马平川。当你站在边缘上，会发现这些沟壑突然变成非常险峻的悬崖一般的山坡。那里甚至还有一条瀑布”。小屋周围的区域开始出现很多的徒步旅行者和猎人，因此1983年夏天卡钦斯基隐居到高原上的秘密地点。他在狱中告诉另外一位拜访者：

我到达那里，发现有人修了一条路直通绿洲中心。（他压低声音，停顿了一下，继续讲述。）你简直无法想象我有多么不安。从那

时起我决定，与其努力掌握更多野外生存技能，不如想方设法报复科技系统。复仇。我不是第一次采用“活动扳手”策略，而在当时，那种想法已成为我优先考虑的事。

人们不难同情卡钦斯基作为离经叛道者的困境。你温和地尝试逃离科技文明的控制，隐居到最偏远的地区，建立相对不那么依赖高科技的生活方式。可是，文明/发展/工业技术这只野兽尾随而来，破坏你的天堂。难道无处可逃？机器无所不在！毫无怜悯之心！必须制止它！

自然，泰德·卡钦斯基不是唯一遭遇文明入侵的大自然热爱者。所有美洲原住民部落都被先进的欧洲文明驱赶到偏远地带。他们不是在逃避科技本身（只要有机会，他们乐于使用最新式的枪），但结果一样——远离工业社会。

卡钦斯基认为有几个理由导致人类不可能摆脱工业技术的棘轮效应<sup>[3]</sup>式控制：第一，只要使用技术元素的任何成分，就会受到系统的奴役；第二，科技不会自我“逆转”，永远不会释放它所掌控的对象；第三，长期来看，在使用哪些技术的问题上，我们没有选择。他在宣言里这样写道：

为了发挥作用，系统必须详细规范人类行为。工作当中，人们必须遵照收到的指令完成工作，否则生产过程将陷入混乱。官僚机构必须按照严格的法规运转。让具有独立决定权的个人听从低水平的官僚主义者指挥将扰乱系统，不同官僚在决策方式上的差异会导致不公正的管理。的确，某些对自由的限制可以去除，可是普遍而言，大型机构制定的生活规则是工业——科技社会运转所必需的。其结果是普通人产生了无能为力的感觉。

科技能成为这样强大的社会力量，还有一个原因：在特定社会背景下，科技的前进方向只有一个，它绝对不能反转。一旦人们引进科

技术创新，通常会对它形成依赖心理，除非出现更加先进的创新技术取而代之。不仅个人依赖新技术产品，而且整个系统也会产生依赖性，程度更甚。

一项新技术作为可供个人考虑的选项被引入社会时，不一定始终保持这种性质。很多情况下，新技术对社会的改变如此深刻，以至于人们最终发现自己不得不采用。

卡钦斯基对最后这一点深有感触，在宣言的其他部分又重复了一遍。这是重要的批判。如果同意存在这样的事实，即个人向“机器”投降，放弃自由和尊严，渐渐地除此以外别无选择，那么卡钦斯基的其他观点在逻辑上就顺理成章了：

可是我们认为，人类不会自愿将权力移交给机器，机器也不会蓄意攫取权力。我们的看法是，人类轻易地改变自己的地位，依附于机器，因而没有切实可行的选择，只能全盘接受机器的解决方案。当社会及其面对的问题越来越复杂、机器越来越智能时，人们就会让机器代替自己作决定，仅仅是因为机器的决定产生的结果比人类的决定更好。最终会达到这样的阶段：维持系统运转的必要决策极其复杂，人类智力已不足以制定这样的决策。到了那个阶段，机器将成为有效的支配者。就连关闭机器这样简单的事情，人们也无法完成，因为依赖性已如此之强，关闭机器等于自杀……科技最终的地位近似于完全控制人类行为。

公开抗拒能否阻止科技控制人类行为这样的情况发生？当然可以，前提是人们尝试过突然引入这种控制。可是由于科技的控制地位来自长期连续的小规模进步，因此理性有效的公开抗拒根本不会出现。

我发现，要反驳最后这部分观点并不容易。诚然，人类建造的世界越来越复杂，必然需要依赖机械（计算机）方法控制这种复杂性。

我们已经在做了。自动驾驶仪在操作非常复杂的飞行器，计算机算法控制了非常复杂的通信网络和电网。此外，虽然不知是福是祸，计算机的确控制着复杂的社会经济。当然，随着更多复杂基础工程的开展（例如本地化移动通信网络、基因工程、核电站和自动驾驶汽车），我们将进一步依靠机器操作和下达命令。对于这些设施，切断开关不在考虑范围之内。事实上，如果我们决定马上关闭互联网，实施起来将困难重重，在其他人希望保留它的情况下尤其如此。互联网就有很多设计保证它永远不会关闭。是的，永远。

最后，如果科技胜利接管人类社会是卡钦斯基重点关注的大灾难——剥夺人类的自由、主观能动性和健康心智，剥夺环境的可持续性，如果这种困境在劫难逃，那么系统必须被摧毁。不是改良，因为那只能使其扩展，而不是终结。他在宣言中说道：

破坏工业体系是革命者们唯一的目标，直到它彻底毁灭，才能停止。其他目标将分散对首要目标的关注和投入。更重要的是，如果革命者允许自己为破坏科技之外的目标奋斗，他们会经不住诱惑而使用科技作为实现其他目标的工具。如果他们屈从于这样的诱惑，正好落入科技的陷阱，因为现代科技是统一的、紧密联系的有机系统，所以为了保留某些技术，人们会发现自己不得不保留大多数技术，于是最后成为牺牲品的只是象征性的少量技术。

只有将科技作为整体，与它的战斗才有希望取得胜利。但这将是革命，而不是改良……而现在工业体系是虚弱的，必须推翻它。如果我们妥协，让它恢复健康，最终我们将完全失去自由。

因为这些原因，泰德·卡钦斯基遁世于山间，逃离文明的控制，后来又策划破坏文明。他的计划是自己制造工具（可以手工打造任何物件），同时避免使用科技（借助一个系统制造物件）。他的小屋结构非常巧妙，后来联邦调查局探员将它与卡钦斯基的其他财产分离，记为一个完好无损的独立单元——如同一块塑料，并保存起来（现在被

重新组合，放置在华盛顿特区的新闻博物馆内）。他将住所建在远离道路的地方，骑山地自行车进城，在小阁楼上把捕猎到的动物肉晒干，晚上借着黄色的煤油灯制作复杂的炸弹装置。这些炸弹用于袭击那些管理他所憎恶的文明的专业人士。尽管他的炸弹是致命的，但是未能有效地达到目标，因为无人知道这些攻击的目的何在。他需要广告牌宣扬为什么要破坏文明，需要一份刊登在世界主流报纸和杂志上的宣言。只要人们读到这份宣言，少数人就会明白自己是怎样被禁锢的，并加入他的事业。也许，其他人也会开始用炸弹袭击文明社会的关键地点。于是，卡钦斯基想象中的自由俱乐部（他在宣言中的落款就是FC [\[4\]](#)，前面带有表示复数的“我们”）将有更多的成员。

就在宣言发表之后，对文明社会的大量袭击停止了（这份宣言倒是帮助政府抓捕了卡钦斯基）。偶尔，某个“地球优先”运动的成员会焚烧侵占大自然领地的建筑物，或者向推土机的油箱里倾倒糖浆。在人们以另一种和平方式抗议七国集团首脑会议期间，一些反文明的无政府主义者（自称为无政府原始主义者）打碎快餐店的临街窗户，损毁财产。但是，针对文明社会的大规模袭击从未发生。

问题在于，卡钦斯基的大部分基本假设，也就是其论点的初始公理，是错误的。邮包炸弹客断言科技剥夺人们的自由，可是世界上大多数人认为相反。因为认识到科技可以给予他们更多自由，所以这些人被科技所吸引。他们（即我们）以现实的态度判断这一事实：是的，当人们采用新技术时，某些选择的确被排除在外，但是其他很多选择涌现出来，因此自由、选择和机会的净收益增加了。

以卡钦斯基本人为例。25年来他住在烟雾弥漫的肮脏小屋里，没有电力、自来水和厕所，被自我强化的孤独状态束缚。他在地板上挖洞，供深夜小便之用。按照物资条件的标准，他现在栖身的科罗拉多监狱的牢房可算是四星级：地方更大，更整洁，更暖和，提供自来水、电和他从来不用的厕所，还有免费饮食和比过去好得多的图书



馆。在蒙大拿的隐居处，只要天气允许，他就会四处自由游荡。晚上， he 可以从数量有限的选项中选择事情来做。从个人角度说，他也许对这片有限天地感到满意，可是所有选择都是高度限制的，尽管他释放了这些有限选择蕴涵的自由——类似于“每天想什么时候种土豆就什么时候种”。卡钦斯基混淆了自主权和自由。他在有限的选择中享受伟大的自由，但是他错误地相信这种狭隘自由要比增加选择数量更好，尽管后一种情况中也许单个选择的自主权会减少。选择圈迅速扩大与只在有限选择中增加自主权相比，前者包含的自由远超后者。



图 10-1 邮包炸弹客的小屋内部

我的住所或者本书任何读者的住所唯一能与卡钦斯基的小屋进行比较的地方只有约束条件。我的工作需要经常使用机器，不过，科技允许我在家工作，因此大多数下午我会漫步山间，那里有美洲狮和草原狼出没。我可以今天听一位数学家给我讲述最新的数字理论，明天携带极少的生存工具，消失在死亡谷的荒野中。关于如何生活，我有大量的选择。虽然数量不是无限的，有些选择无法实现，但与泰德·卡钦斯基在陋屋中可获得的选择和自由相比，我的自由显然要丰富得多。

这是数十亿人从世界各地的山间小屋——与卡钦斯基的小屋非常相似——移居到城市的主要原因。住在老挝、喀麦隆或者玻利维亚的乌烟瘴气的棚屋里的聪明小孩会尽其所能争取前往城市的任何机会，那里有着丰富得多的自由和选择——对移民来说尤为明显。当他发现卡钦斯基认为回到他刚刚逃离的沉闷囚牢里能够享受更多自由时，会认为这简直是一派胡言。

这些年轻人没有因为某种科技魔咒的蛊惑而固执地相信文明是更美好的。山村生活给他们带来的不是魔咒，而是贫穷。他们离开那里时，清楚地知道自己放弃的是什麼。他们可以体会家庭的舒适和支持以及小乡村中邻里团结的珍贵价值，享受清新空气，感受作为整体的自然界对心灵的抚慰。他们担忧会远离这些珍贵的事物，但不管怎样还是离开了自己的陋屋，因为他们的天平最终偏向文明社会的自由。他们能够（并且愿意）返回山村，恢复活力。

我家没有电视，当我们买车时，很多城市里的朋友还没买。避免接触某些技术当然是有可能的。门诺教徒在这方面做得很好，还有很多人也是如此。可是，邮包炸弹客在这一点上言之有理：随着时间流逝，开始时不具有强制性的选择会越来越成为社会的必需品。首先，某些技术（例如污水处理、接种疫苗和交通信号灯）曾经是可选项，而现在被社会强制执行并得到改进。其次，还有其他系统性技术，例如汽车，也是自我强化的。轿车的成功推广和它提供的便利从公共交通领域吸走财富，降低了公共交通的吸引力，激励人们购买轿车。其他数千种技术受同样的动力驱使：使用的人越多，就越具有必不可少的性质。生活中如果没有这些必要技术，我们需要付出更多努力，或者至少用更加深思熟虑的技术作为替代。如果这种自我强化的技术网络产生的选择、机会和自由的总收益不能超过它造成的损失，那么它就是一种绞索。

反文明主义者会争辩说，我们接受更多技术，是因为系统本身对我们洗脑，除了说“还要更多”，我们别无选择。我们只能抗拒几种无关联的技术，因此被囚禁在这个精心编织的人造谎言里。

的确有可能，技术元素对所有人洗脑，只有少数头脑清楚的无政府原始主义者愿意摧毁物质生活。如果邮包炸弹客的文明替代方案更加清晰，我也倾向于赞同打破这个魔咒。可是，摧毁文明之后该怎么办？

我阅读了反文明社会的崩溃论者撰写的文献，研究他们所设想的技术元素崩溃之后的道路。反文明梦想家用大量时间考虑如何推翻文明（与黑客结盟、潜入发电塔、炸毁大坝），可是对于用什么取代文明却思考不多。他们倒是对文明之前的世界是何模样有自己的理解，按照他们的观点，那个世界就像这样（摘自《绿色无政府状态启蒙读本》）：

文明形成之前，人们普遍享有大量闲暇时光、极高的性生活自主性和质量，可以与大自然进行无危害的接触，看不到有组织的暴力活动，没有媒体和正规机构，体格强健。

接着文明来了，地球的各种问题出现了（的确如此）：

文明是众多问题的滋生地，举几个破坏性衍生物的例子：战争、女性的附属地位、人口增长、苦力活、财富观、根深蒂固的等级制度，以及几乎所有已知疾病。

环保无政府主义者讨论过关于重新找回灵魂、钻木取火以及素食主义对猎人来说是否合适的话题，但是没有任何关于各种小团体如何寻找新的生存模式或者他们是否尝试过寻找这种模式的说明。我们打算“重归自然”，可是重归自然者羞于讲述回归自然的生活是什么样的。曾经与我交谈过的富有创造力的环保无政府主义作家德里克·詹森

驳斥了文明缺乏替补选项的观点，直截了当地告诉我：“我不提供候选项的原因是没有必要。这些选择已经存在了数千年或数万年，并且一直存在。”当然，他指的是部落生活，但不是现代部落。他谈到的部落没有农业，没有抗生素，只有木头、毛皮和石器。

反文明主义者的真正困难在于可持续的有吸引力的文明替代物是无法想象的。我们不能描绘它，无法理解它怎样成为我们愿意前往的地方。不能想象这个由石器和毛皮构成的原始世界能够发挥我们每个人的才智。因为难以想象，所以它绝不会存在，没有任何事物是不用想象就可以创造的。

尽管无政府原始主义者想象不出有吸引力的、持久的文明替代物，但他们都同意某些做法有助于人与自然的和谐，例如吃低热量食物，占有很少的财物，只使用自制的物件，这会使我们的满足感、幸福感和人生意义提升到1万年来前所未有的新层次。

可是，如果这种快乐的贫穷如此具有吸引力，如此有益于人类灵魂，为什么没有一名反文明主义者像那样生活？就我的研究和单独拜访他们的过程来看，所有无政府原始主义者都过着现代生活。他们生活在邮包炸弹客所谓的陷阱中，通过速度很快的台式计算机表达对机器的愤怒，甚至还喝咖啡。他们的日常生活与我只是略有不同。为了更好地支持游牧式的渔猎采集生活，他们并没有放弃文明社会的便利。

也许，有一个纯粹主义者是例外：邮包炸弹客。卡钦斯基对自己信仰的追随比其他批评家更进一步。初看之下，他的信仰似乎是可行的，可是再看之下，它堕落为同样的结果：以文明的养分为生。邮包炸弹客的小屋堆满了机器制造的商品：雪地靴、长靴、汗衫、食物、爆炸物、床垫、塑料壶和水桶等。他本来可以自己制造所有这些物品，但他没有。工作了25年后，为什么他不自己制造与科技系统无关的工具呢？照片显示，他的小屋内部一片凌乱，就像从沃尔玛购物归

来。他从野外搜寻到的食物极少。相反，他会定期骑车去镇上，在那儿租车前往大城市，从超市补充食物和日常用品。他没有意愿在远离文明的情况下生活。

我们知道，要摧毁文明，除了缺少有吸引力的候选项，还有最后一个问题，那就是自称为“文明仇恨者”的人想象中的文明替代物今天甚至无法支撑小部分人的生活。换句话说，文明的崩溃将导致数十亿人死亡。具有讽刺意味的是，那时最贫穷的农村居民将享受最好的生活，因为他们可以回归渔猎采集生活，困难最小，而对于数十亿城市居民来说，一旦食物耗尽，疾病肆虐，他们将在数月或数周内死去。无政府原始主义者对这种大灾难前景相当乐观，断言崩溃加速到来可以拯救所有生命。

泰德·卡钦斯基的观点似乎再次独树一帜，在被捕后的一次采访中，他以非常清晰的思维阐述了对人类灭亡这一前景的思考：

对于那些意识到有必要废除科技工业系统的人来说，如果是为了系统的崩溃而努力，实质上是在屠杀民众。如果系统崩溃了，将会产生社会混乱和饥荒，不会再有任何供农业设备使用的零部件或燃料，也不会有现代农业必需的杀虫剂和肥料。因此人类将没有足够的粮食供应，这会产生什么结果？就我的观察而言，这样的情景是任何激进分子都不敢正视的。

也许卡钦斯基个人“敢于正视”摧毁文明导致的逻辑上的结果：数十亿人将因此死亡。他一定认为在这个过程发生之前再多杀几个人无关紧要。毕竟，科技工业复合体夺走了他身上的人性，所以如果在消灭奴役数十亿人的科技系统过程中不得不夺走几十个人的生命，那也是值得的。因为数十亿人都被科技掌控，失去灵魂，就像他本人一样，所以这些倒霉蛋的死亡也是理所应当的。一旦文明毁灭，新一代人将获得真正的自由。他们都会成为自由俱乐部的成员。

最大的问题是，如果卡钦斯基描绘的天堂——解决文明恶果的方案，或者这么说，自主性技术元素自发形成的替代物，就是狭窄、烟雾弥漫、污浊发臭的小木屋，那么绝对没有其他人愿意住进去。它是几十亿人都会远离的“天堂”。文明有它自己的问题，但是几乎所有方面都要好于邮包炸弹客的陋屋。

邮包炸弹客认为科技是整体的自我维持的机器，在这一点上他是对的。他还准确地指出这个系统的自我本性会造成特定的危害。技术元素的某些方面不利于人类本身，因为它们抑制我们的个性。技术元素也包含伤害自身的力量，因为不再受自然和人类控制，它会以极快的速度突飞猛进，直至灭亡。最后，如果不重新给技术元素确定方向，它可能还会危害自然。

然而，面对科技存在缺陷这一事实，邮包炸弹客错误地决定将其摧毁。他的理由很多，但完全没有考虑到文明机器提供给我们的实际自由比替代物更多。让这部机器运转要付出代价，我们刚刚开始认真思考这种代价，可是迄今为止不断膨胀的技术元素带给人类的收益绝对超过没有任何机器的替代社会。

很多人不相信这一点，完全不相信。我从很多谈话中推断，本书读者中有相当一部分会站在卡钦斯基一边，拒绝接受这个结论。我认为科技的积极面略微超过消极面，这样的观点无法说服这些读者。

相反，他们相信，膨胀的技术元素夺走了我们的人性，也偷走了孩子们的未来。因此，我在前面各章中概述的所谓科技收益一定是假象，是人类诱导自己沉迷于新事物的花招。

我不能否认他们谈到的缺陷。我们拥有的“越多”，似乎越不满足，头脑越迟钝，幸福感越低。他们恰当地指出，很多民意测验和调查反映了这种不安心理。愤世嫉俗者相信，科技进步不过是延长我们

的寿命，这样我们又可以多出几十年时间来发泄不满。未来某个时刻，科学可以让我们永生，因此我们将永远不快乐。

我的问题是：如果科技这样糟糕，为什么我们还要把它牢牢抓在手心，甚至在泰德·卡钦斯基揭露它的真实本性之后仍是如此？为什么真正英明忠诚的生态卫士不彻底远离科技，就像邮包炸弹客尝试的那样？

有一种理论认为：技术元素不受约束的物质主义使我们的精神集中于物质，将更伟大的生命意义抛在一边。为了找到某种生命意义，我们陷入盲目的狂躁中，疯狂地、积极地、不停息地、痴迷地使用技术，去追寻似乎唯一存在的答案——创造更多技术。最终，我们需要越来越多的技术，而满足感越来越低。“需求上升，满足感下降”是毒瘾的表现之一。根据这个逻辑，科技是一种毒瘾。我们强迫症的病因不是电视机、互联网或手机短信，而是技术元素这个整体。也许我们沉迷于新生事物通过多巴胺传递的快感。

这也许可以解释为什么连那些理性反科技人士也仍然在购买新产品。换句话说，我们知道它产生的危害有多大，甚至知道它对我们的奴役有多深（我们翻阅过邮包炸弹客的宣传小册），可是仍然积累了数量巨大的发明和物品（也许心怀愧疚），因为我们无法抑制欲望。在科技面前，我们无力抗拒。

如果这是事实，那么它的治疗方法会令人稍感不安。一切成瘾性可以通过改变瘾君子本人而不是他所沉迷的可恶快感来戒除。不论是实施十二步戒毒法还是药物治疗，解决问题的关键在于成瘾者的意识。最终，他们的解脱之道不是改变电视机、互联网、赌博机或酒精的性质，而是改变与致瘾源的关系。那些成功戒瘾者的方法是聚集力量对抗自身的软弱。如果技术元素是一种瘾，我们无法通过改变技术元素来戒瘾。

这种解释的另一种版本是：我们上瘾了，但不自知。我们中了魔法，被烛光催眠。科技具有某种黑魔法，削弱我们的判断力。按照这种解释，媒体技术掩盖了技术元素在乌托邦外衣下的真实色彩。它那诱人的新收益前景蒙蔽了我们的双眼，使我们忽视了隐藏着的强大的邪恶力量。我们的行为受某种魔咒的驱使。

但是这个全球性的魔咒一定是得到全体认可的幻术，因为我们都想要同样的新产品：最好的药，最酷的汽车，最小的手机。它一定是最强大的魔咒，因为它影响了人类全体成员，无论我们的种族、年龄、地理位置和健康状况存在什么差异。这意味着本书的每位读者都被施加了这种魔法。大学校园里的时髦理论是，在这种咒语的迷惑下，我们被传播科技的企业——也许还有这些企业的管理者——欺骗和引导。可是那样意味着首席执行官们知晓这场骗局，或者不受其影响。但根据我的经验，他们与其他人同病相怜。我和他们中的很多人交谈过，相信我，他们没有能力制造这样的阴谋。

不那么时髦的理论认为，科技按照自己的意愿诱骗我们。它通过科技媒体给我们洗脑，让我们接受科技整体上有益于人类的思想，从而忽视它的缺陷。作为相信技术元素有其自身发展规律的群体中的一员，我发现这个理论似是而非。我完全理解它的拟人色彩。在这样的逻辑下，我们可以预期接受科技文化最少的人受骗程度最低，对这种显而易见的危险最清楚。他们应该就像看见没穿衣服的皇帝——或者说色厉内荏的皇帝——的孩子们。可事实上，那些没有被媒体施加魔法的受压迫者通常是最急于去旧迎新的人。他们看着技术元素这个巨人，对它说：给我一切，马上。如果他们自认为是智者，就会说：只给我好东西，不要添加任何蹩脚货。

另一方面，受科技影响最深的群体——驾驶普锐斯汽车、写博客和微博的专家们，通常才是“看见”或者相信技术元素的魔咒存在的人。对我来说，这种颠倒现象不合情理。



那么，还剩下一个理论：我们自愿选择科技，连同它的重大缺陷和显而易见的危害性，是因为我们潜意识里看重的是它的优点。我们在心里对科技进行全面衡量，注意到其他人的沉迷，环境的破坏，自身生活的干扰，以及各种技术导致的个性模糊，然后把这些相加，与收益进行比较。我相信这不是完全理性的程序，我认为我们还互相交流对科技的感受，这些被视为与优点和缺点同等重要的衡量因素。不过我们以切实可行的方式进行风险收益分析。即使最原始的萨满巫师在决定是否用野生动物皮交换砍刀时也要计算收益和损失。他目睹了别人获得钢刀的经过和结果。我们面对未知技术时也会如此，只是方法不尽相同。大多数时候，在我们用经验的天平衡量完科技的优缺点之后，发现它带来的收益要多于损失，但差距并不是很大。换句话说，我们自愿选择接受科技，同时承受代价。

不过作为非理性的人，有时我们作出的选择可能不是最佳的，这有几个原因。科技的代价不是显而易见的，而对优点的预期通常被大肆宣传。为了提高作出更优决定的可能性，我们需要——我很厌恶这么说——更多技术。揭示科技的全部代价、减小宣传造成的影响，方法在于创造更好的信息工具和过程。我们需要做到技术使用过程中实时的自我监控、无保留地交流问题、对测试结果的深度分析、持续的重复检测、制造业供应链的精确记录以及诚实报道诸如污染这样的负面外部效应。科技可以帮助我们揭示科技的代价，有助于更好地选择技术的使用方法。

具有悖论意味的是，更加出色地显示科技缺陷的技术工具将改善科技的名声。这些工具促使人们有意识地评估科技，使之合理化。借助合适的工具，我们可以把对科技的评估提升为科学。

最后，真实地叙述每一项特定技术产生的种种恶果可以让我们知道，人类自愿拥抱技术元素，不是沉迷于它，也不是中了魔咒。

---

[1] 《弗兰肯斯坦》是英国诗人雪莱的妻子玛丽·雪莱在1818年创作的科幻小说，弗兰肯斯坦是小说中那个疯狂科学家的名字。——译者注

[2] 工业革命初期爆发了破坏机器反对压迫的“卢德运动”，后用卢德分子指代激烈反对技术进步论的人士。——译者注

[3] 棘轮效应，经济学概念，指的是人的消费习惯形成之后有不可逆性，即易于向上调整，难于向下调整。——译者注

[4] 英文Freedom Club的简写。——译者注

## 第十一章 阿米什改装者的经验

### 专家导读

在高度现代化的美国，阿米什人的守旧传统，是一道独特的风景。

与卢德分子不同的是，阿米什人并非断然拒绝使用流行的新技术，他们的做法是“如何平衡技术的好与坏”。

总体上说，阿米什人刻意与现代工业文明和技术保持相当的距离。他们拒绝使用绝大多数现代社会常用的技术装置，特别是拒绝电力、汽车、互联网和电话等，这些现代文明须臾不可或缺的技术。

阿米什人中流传着这样一句话：“守住底线。”他们按照自己的原则，有选择地、审慎地考察新技术、选择新技术，在享受技术的便利和益处的同时，对技术可能带来的威胁、引诱保持警惕。

比如说，阿米什人有意识地使用改装后的电力装置，使用电池驱动的装置。他们也使用杀虫剂和化肥，但他们知道适可而止。

在选择哪些技术可以有限度地使用时，阿米什人有一套自己的原则，比如“有限度地接受技术”，“根据经验而不是根据理论来评估新事物”，“建立选择的标准”，以及“作出选择的不是个体，而是团体”。

在实地考察阿米什人的生活、工作，以及对科技的态度之后，凯文·凯利有一个有趣的发现：对阿米什人来说，“干扰越少=越容易满足”。阿米什人追求的并非那种没有止境的、更高更快更强的炫耀感，他们追求内心的“满足感”。这种“满足感”并非来自技术元素“为我所用”的贪婪，而是来自为他人提供好处的“群体意识”。

这种“群体意识”中，很重要的一点就是对待技术元素的基本态度，“与科技世界真正的亲密接触，意味着他们完全知道外界可以提供什么，以及自己到底在拒绝什么”。

不过，凯文·凯利的挑战并未就此完结。下一章，他将给出更加开放的回答：与科技共进退，人类应当掌握何种原则？

在任何关于避免沉迷于科技能带来什么回报的讨论中，阿米什人都是不能回避的例子，他们提供了值得尊敬的第二选择。阿米什人被认为是卢德分子——拒绝使用流行的新技术的人。众所周知，最严肃的阿米什人不用电，不驾驶汽车，宁愿用人力工具耕种，以马和轻便马车作为运输工具。他们偏好的技术产品要么是自己可以制造的，要么是自己可以维修的。整体而言，他们生活节俭，相对自立。他们呼吸着野外的新鲜空气，用双手劳作，这种生活使他们受到坐在小房间里用电脑工作的普通呆伯特们的喜爱。此外，他们极为简约的生活方式正日渐兴旺（阿米什人口年增长率为4%），另一方面，越来越多的中产阶级白领和工厂工人正遭受失业和破产。

邮包炸弹客不是阿米什人，后者也完全不属于崩溃论者。他们创造的文化似乎提供了宝贵经验，有助于思考如何平衡科技的好与坏。

然而阿米什人的生活方式绝对不是反科技的。事实上，根据数次拜访他们的经历，我发现他们是天才的伐木人和工匠，彻底的制造者和自力更生者。令人吃惊的是，他们通常是科技的支持者。

首先，有几点要预先说明。阿米什人不是庞大的团体，他们按照教区分配工作。俄亥俄州团队的工作也许与纽约州教区团队不同，但可能和艾奥瓦州教区的团队相同，后者也许任务更繁重。另外，他们与科技的联系紧密程度不一。大多数阿米什人搭配使用传统的和非常新潮的物品，和我们一样。记住这一点很重要：阿米什人的事业最终是由宗教信仰驱动的，技术结果放在第二位。他们的决定经常不具有

逻辑动因。最后，阿米什人的工作随时间而变，并且以特有的速度吸收新技术，此时他们与世界同步。从很多方面看，阿米什人被视为守旧的卢德分子只是都市神话。

像所有的传奇一样，阿米什神话建立在若干事实上。阿米什人，特别是旧秩序派阿米什人——印在明信片上的老派阿米什人——确实不愿意接纳新事物。在当代社会，我们对新事物的预设回答是“接受”，而在旧秩序派阿米什团体中，预设答复为“还没有”。当新事物出现时，旧秩序派阿米什人会自动忽视它们。因此当新汽车上市时，很多旧秩序派绝不会说“好”。取而代之的是，他们乘坐轻便马车出行，这种交通工具一直伴随着他们。某些规定要求轻便马车作为公共财产，这样使用者——例如青少年——就不会受到诱惑驾车去私人领地闲逛，也有规定允许马车私有。某些规定允许用拖拉机耕田，前提是拖拉机轮子是钢制的，而且不能“伪装”成汽车在路上行驶。有些团体同意农夫使用柴油发动机为联合收割机和脱粒机提供动力，只要该发动机仅用于让脱粒系统旋转，不作为车辆推进设备，也就是说，这一整台冒着黑烟、声音嘈杂的机械装置是靠马拉动的。有些地区允许使用汽车，但外壳必须完全涂成黑色（不含铬合金），目的是防止教徒禁不住诱惑将这些车升级为最新车型。

在所有这些差异后面隐藏的是阿米什人巩固社团的决心。当上个世纪之交汽车刚开始出现时，阿米什人注意到有车的成员会离开社区，前往其他城镇游玩和观光，而不是在星期天拜访家族成员或探望病人，或者在星期六光顾当地商店。于是他们颁布禁令，限制使用这种不受约束的交通工具，目的在于提高远程旅行的难度，使成员集中精力建设当地社团。有些教区的规定尤为严格。

旧秩序派阿米什人的无电生活受到类似的共同决心驱使。他们发现，当镇里的发电机通过电线向自己家中供电时，他们与城镇的节奏、政策和事务的联系越发紧密。阿米什人的宗教信仰准则是“存于世

间，超然于世间”，因此他们应该尽可能与世隔绝。与电的联系使他们与外界发生关系，所以他们为了保持独立而放弃电力带来的收益。即使今天在很多阿米什家庭中，也仍然看不到接通的电线。他们远离电网。没有电和汽车的生活隔断了现代社会可以提供的大部分便利。没有电，意味着没有互联网、电视和电话，从而使阿米什人的生活方式与我们复杂的现代生活完全对立。

可是当你参观阿米什农场时，这种简单性就不复存在了，事实上，在到达他们的农场之前就已经消失了。沿道路漫步，可以看见戴着草帽、身穿吊带裤的阿米什儿童踩着溜冰鞋快速滑过。我发现一栋校舍前停放着一批踏板车，这就是孩子们的交通工具。而在同一条街上，满是灰尘的小型货车接二连三地经过学校。每辆车的后座都挤满了蓄着大胡子的阿米什人。这是怎么回事？

事实证明，阿米什人认为使用和拥有是两个概念。旧秩序派不会拥有轻型货车，但会驾驶。他们不会申请驾驶证，购买汽车，支付保险，然后变得依赖汽车和工矿车辆，可是他们会乘坐出租车。由于阿米什人口多于农庄需要的劳动力数量，因此很多人在小工厂工作，他们会租用外人的货车接送他们上下班。因此，即使以马和轻便马车为交通工具的人也会使用汽车——按照他们特有的方式。（同样非常节俭。）

阿米什人还对工作中采用的技术和生活中的技术进行了区分。我还记得早年拜访一位阿米什人的经历，他在宾夕法尼亚州兰开斯特经营木材加工厂。可以称他为阿莫斯，尽管这不是他的真名：阿米什人不喜欢别人注意他们，因此不愿意照相或者看到自己的名字见诸报章。我跟随阿莫斯进入一座肮脏的水泥建筑内。室内大部分地方依靠从窗口进来的自然光照明，环境昏暗，但是在一个非常凌乱的房间里，一盏单独的电灯悬吊在木制会议桌上方。主人看到我盯着那盏

灯，当我注视他时，他只是耸耸肩说，这是为方便我这样的拜访者参观而设置的。

虽然除了那盏孤零零的电灯外，这家大型工厂的其余部分缺少电力供应，但是用电设备可不少。电磨砂机、电锯、电刨床和电钻等设备发出震耳欲聋的声音，使整个厂区都在振动。不论走到哪里，都可以看见满身锯末的蓄须男子将木头送进声音尖利的机器。这不是文艺复兴时期能工巧匠手工杰作的再现。这是一家借助机器动力制造木质家具的工厂。可是电力来自哪里？当然不是来自风车。

阿莫斯领着我来到厂区后面，一辆运动型多功能车大小的巨型内燃发电机坐落在那里。这是个大块头。除了油气发动机，还有一个巨大的容器，我了解到这是用于存储压缩空气的。油气发动机燃烧石油产生压力，将压缩空气送入储气罐。一组高压管从储气罐出来，曲折延伸至工厂的每个角落。每台设备都有一根坚硬的弹性橡胶管连接到高压管。整个工厂依靠压缩空气运转，所有机器使用的都是压缩空气产生的电力。阿莫斯还向我展示了压缩空气开关，他可以像打开电灯似地摁下这个开关，启动一些涂有干性油漆的气动风扇。

阿米什人把这种压缩空气系统称为“阿米什电力”。起初，空压机被阿米什工厂采用，后来他们发现空气动力非常有效，于是这种设备开始进入阿米什家庭。事实上，当地存在完整的家庭手工业体系，他们改装工具和设备，使之适应阿米什电力。例如，改装者购置重型搅拌机，取出里面的电动马达，然后用尺寸合适的气动马达取而代之，并加装空气压缩连接设备，好了，阿米什妈妈的节电厨房里现在有搅拌机啦。你还可以拥有空压缝纫机、空压洗衣机和干燥机（用丙烷加热）。阿米什改装者们用压缩空气驱动电力设备，试图在这方面超越其他人，展现了一种纯粹的蒸汽朋克<sup>[1]</sup>（应该说空气朋克？）式的迂腐。他们的机械技巧给人留下深刻印象，考虑到孩子们在8年级后就不再上学，这种技巧尤其值得注意。他们喜欢炫耀那种令人厌烦的改

装技能。我遇到的所有工匠都声称空压机器比电力设备更优越，因为空气更加高效持久，比电动马达寿命长，后者经过几年高负荷运转就报废了。我不知道这种优越性结论是否符合事实，或者仅仅是辩解的理由，但是这种评论总是反复出现。

我参观了一家改装作坊，主人是严谨的门诺教徒。马琳是一名矮小的无须男子（门诺教众不允许留胡子）。他的交通工具是马和轻便马车，没有电话，但是住所后面的作坊使用电力制作压缩装置的零部件。与门诺教群体中的大多数人一样，他的孩子们就在他的身边一起工作。有几个男孩身着与世俗之人无异的服装，操作以丙烷为能源的金属轮叉车（轮胎不含橡胶，这样就不能在马路上行驶）搬运一堆堆的重金属原料，这些原料经过铣削，制成非常精细的空压马达金属件和阿米什人最喜爱的物件之一——煤油炉灶。由于加工公差要达到千分之一英寸，因此几年前他们在位于马厩之后的后院安装了价值40万美元的数控铣床。这台大型器械与运货卡车一般大小，由马琳的14岁女儿操作，小姑娘戴着帽子，身穿长裙。借助这台数控设备，她制造出不靠电网靠马力的生活方式所需的元器件。

我说“无电网”而不是“无电力”，是因为我在阿米什人的家中不断发现用电设备。既然在仓库后面安装了大型内燃发电机，给储存牛奶（阿米什人主要的经济来源）的冷藏设备供电，那么使用小型供电装置就无关紧要了。充电电池就是一个例子。在阿米什农场里可以找到电池供电的计算器、手电筒、电围篱和自带发电机的电焊机。阿米什人还用电池为收音机和电话（安放在仓库或作坊外面）供电，或者在乘坐马车时为必需的前灯和转弯指示灯提供电力。一位聪明的阿米什人花了半小时的时间向我说明他如何巧妙改装马车转弯灯，使信号灯在转弯完成后自动熄灭，就像汽车那样。

今天，太阳能电池板在阿米什人当中日益流行。依靠这些设备，他们可以在远离电网的情况下获得电力，这曾经是他们的主要烦恼。



太阳能基本上用于抽水机抽水这样的有偿劳动，但它将慢慢渗入到家庭生活中。大多数创新技术都会经历这样的过程。

阿米什人使用一次性尿布、化肥和杀虫剂，是转基因玉米的大力推广者。在欧洲，这种玉米被称为科学怪食。就这个问题我询问了几位阿米什老者。为什么要种植转基因作物？哦，他们回答，玉米容易受玉米螟祸害，这种害虫蚕食玉米秆底部，有时会使秸秆折断。现今的500马力收割机无法处理这种虫害，它们只是吸入所有作物，然后将玉米粒吐入储物箱中。阿米什人采用半手工的方式收割玉米，他们用切割器具砍断玉米秆并直接投入脱粒机。可是如果有很多秸秆折断，就必须用手拾取后扔进脱粒机。这个工作量很大，让人汗流浹背。因此他们种植苏云金杆菌玉米。这是一种基因变异作物，携带可杀死玉米螟的苏云金杆菌的基因，产生对玉米螟致命的毒素。被折断的秸秆减少了，可以用机器收割，于是产量得到提高。一位让儿子们管理农场的阿米什老人说，他岁数太大，没有力气抛投沉甸甸的被折断的玉米秆。他告诉儿子，除非他们种植苏云金杆菌玉米，否则他不会帮忙收割。如果老人不肯帮忙，替代方案需要购买昂贵的现代收割设备，儿子们都不愿意出钱。因此转基因玉米技术允许阿米什人继续使用陈旧的、得到充分验证的无负债设备，实现保持家庭农场完整性的主要目标。他们没有使用这样的言辞，但明确表示他们认为转基因玉米技术适合家庭农场。

人工受孕、太阳能和网络是阿米什人至今仍争论不休的技术。他们在图书馆上网（使用但不拥有）。事实上，有时阿米什人在公共图书馆的房间里建立网站，为他们的事业服务。尽管“阿米什网站”听起来像笑话，但的确有不少这样的网站。他们对后现代创新技术——例如信用卡——又是什么态度？一些阿米什人确实持有信用卡，也许起初是为了开展业务。可是随着时间流逝，阿米什主教们注意到过度消费的问题以及由此产生的危险利率。农民背负债务，这不仅损害他们本人，也影响到他们的社区，因为家族不得不帮助他们渡过难关（这

是社区和家族存在的意义）。因此，经过一段时间的尝试后，长老们决定禁止使用信用卡。

一位阿米什男士告诉我，电话、寻呼机、黑莓手机和iPhone（是的，他知道这些产品）的问题是“你得到的是消息，而不是谈话”。这大概是对我们这个时代的准确概括。亨利有着长长的白胡子和形成鲜明对比的年轻的明亮眼睛，他告诉我：“如果我有电视机，我就会收看电视。”还有什么能比这更简单明了？

在所有模糊的规定中，没有哪一条像是否应该接受手机这个问题那样吸引阿米什人的注意力。过去，阿米什人会在车道尽头修建小屋，放置邻里间共用的应答机和电话。小屋为呼叫者遮蔽风雨，将电网隔离在外，而屋外漫长的人行道减少了电话的使用，使之集中用于至关重要的电话，而不是闲聊。手机是新花样。它不需要电话线，也不需要电线。一位阿米什人告诉我：“站在电话亭中手持无线电话和站在室外拿着手机，有什么区别？没有任何区别。”进一步观察，可以发现手机受到妇女的喜爱，既然她们不能开车与远方的家人团聚，那么可以通过手机与他们保持联系。主教们注意到手机非常小，可以藏起来，这对致力于反对个人主义的人来说是一种隐忧。阿米什人在手机的问题上仍然没有定论。或许更准确的说法是，他们认为“可能没问题”。

对依靠电网生活的人来说，不接触互联网和电视、除了《圣经》之外没有其他书籍的阿米什人见多识广，这令人费解。对于他们不了解并且已经有看法的事物，我没有太多可以解释的。令人吃惊的是，在阿米什人的教区，大部分新事物都至少有一个人尝试过。实际上，新技术早期使用者的热情鼓舞阿米什人试用该技术，直到它被证明有害为止。

下面举例说明典型的新技术采用模式。伊万是阿米什团体中的技术高手，他总是第一个尝试新发明或新技术。他认为新式的数据流调

制器的确有用，而且相信它不违背阿米什社会的基本信仰。于是他去见主教，提出申请：“我想试用它。”主教回答：“好，伊万，想做就做吧。但是，如果我们认定它对你没有帮助，或者在危害其他人，你必须放弃。”于是伊万获得了这项技术，并加以改进，同时邻居、家人和主教都在热切观望。他们权衡优点和缺陷。数据流调制器对社区将产生什么影响？对伊万又有什么影响？阿米什人就是这样开始使用手机的。根据传闻，第一批请求使用手机的阿米什技术高手是两位牧师，他们也是立契约者。主教不愿意批准申请，但还是作出妥协：手机只能在有驾驶员的货车内使用。货车将成为移动的电话小屋。接着整个社区都在注视这两位立下契约的人。手机似乎可以发挥作用，于是其他早期使用者加入。不过，任何时候，甚至数年后，主教仍然可能禁止使用手机。

我参观了一家制造著名的阿米什马车的工厂。从外面看，这些马车结构简单，样式老旧。但是当我查看生产过程时，可以看出它们是技术含量高、复杂程度惊人的设备。它们的材料是轻质量的玻璃纤维，通过手工浇铸而成，内部配置不锈钢五金器具和很酷的LED（发光二极管）灯。厂长的儿子、处于青春期的大卫也在工厂上班。与很多从小和父母一起工作的阿米什人一样，大卫表现出难以置信的成熟稳重。我问他怎么看待阿米什人和手机的关系。他偷偷地把手伸进工作裤里，拿出一个手机。“他们很可能接受手机。”他微笑着说，然后快速地补充道，他为当地由自愿者组成的消防队服务，所以才会有手机。（那是应该的！）他的父亲插嘴说，如果阿米什人接纳手机，“就不会有电话线穿街走巷进入我们的房子”。

阿米什人的目标是在追求现代化的同时与输电网络保持距离，在向这个目标迈进的过程中，有些阿米什人在内燃发电机上安装了变频器，连接充电电池，为他们提供110伏离网电压。他们首先给电咖啡壶这样的专用电器供电。我看到有一家人在起居室的家庭办公室中摆放着复印机。现代家电是否会慢慢进入阿米什家庭，直到100年后他们拥

有我们现在所拥有的一切（而那时又将再次落后）？他们会接受汽车吗？当外界都在使用个人喷气背包时，旧秩序派是否仍将驾驶旧式的内燃动力老爷车？他们会接受电动车吗？我问18岁的阿米什人大卫，他预计未来将会使用什么交通工具。令我大吃一惊的是，他的回答是机敏的青少年所特有的：“如果主教同意教区放弃马车，我可知道自己要买什么：黑色的福特460V8。”这是500马力的汽车。有些门诺教规则使用黑色的普通汽车——没有铬合金或华丽外表。因此黑色的改装汽车可以接受！他的父亲，马车制造商，再次插嘴说：“即使那种情况确实发生了，还是会有以马和马车为交通工具的阿米什人。”

接着大卫承认：“当我决定是否加入教区时，我想到未来我也会有孩子，他们是否将在没有约束的环境中长大。我无法想象。”阿米什人当中流行一句短语：“守住底线”。他们都认识到这条底线在不断改变，但是必须保留。

《无电生活》（Living Without Electricity）这本书用图表标示了在其他美国人采用某项技术之后经过多少年阿米什人才会接受该技术。我记得，阿米什人的生活比我们落后50年。他们现在使用的一半发明是在20世纪出现的。他们没有全盘吸纳新事物，可是当他们真正接受时，这些事物已经是别人使用了50年的旧事物。经过这么长时间，收益和代价已经明朗，技术稳定，价格低廉。阿米什人按照他们自己的节奏从容地接纳科技。他们是慢动作高手。正如一位阿米什男士所说：“我们不想停止进步，只是希望放慢速度。”不过，他们缓慢接受新技术的习俗具有启发意义：

- 1.有选择地接受。他们知道如何说不，不害怕拒绝新事物。无视的技术多于吸收的。

- 2.根据经验而不是理论评估新事物。他们让前期使用者在众目睽睽之下试用新产品，以此决定是否采用。

3.建立选择标准。他们吸收的技术必须能够巩固家庭和社区，使自己远离外部世界。

4.作出选择的不是个人，而是团体。社区制定并强制执行针对科技的指导方针。

这种方法对阿米什人是有效的，但对于其他人是否可行？我不知道。其他地方还没有尝试过。如果说阿米什改装者和早期使用者让我们有所感悟的话，那就是新事物出现后首先必须尝试一下。他们的箴言是：“先尝试，如果有必要再放弃。”我们善于尝试，不擅长放弃。要采用阿米什人的方法，我们必须集体提高放弃的能力——对于多元社会来说这是非常困难的事。社会整体放弃某件事物需要相互支持。在阿米什社团之外我还没有见到这种支持存在的迹象，但是如果的确出现，将是引人注目的信号。

阿米什人非常擅长应对科技，但是这种行为准则能给他们带来什么收益？他们的生活确实因为遵守这种准则而有所改善吗？我们可以看到他们放弃的东西，但他们是否收获了我们想要的东西？

最近一个阿米什人骑自行车沿着多雾的太平洋海岸线来到我家，我有机会与他深入探讨上述问题。他在种满红杉的上坡路上骑了很长时间，满头大汗、气喘吁吁地出现在我家门前。他将自己那辆制作精巧的大行牌折叠车停在几英尺外。他就是骑着这辆车从火车站过来的。与大多数阿米什人一样，他不坐飞机，因此从宾夕法尼亚州出发时，他将车存放在三日横穿全美的火车上。他不是第一次来旧金山，此前也骑车游览过整个加利福尼亚海岸，在火车、自行车和轮船上度过的时光真正让他大开眼界。

此后的一周，我们的阿米什访客在卧室沙发上休息，午餐时向我们讲述他在以马和马车为交通工具、遵守旧秩序的老实人 [\[2\]](#) 社区的成长经历。我们的这位老朋友叫利昂，他是个很多方面都不平凡的阿

米什人。我与利昂在网上结识。自然，网络是最不可能遇见阿米什人的地方。可是利昂阅读了我在网站上发表的关于阿米什人的文章，然后给我发了邮件。他从未上过高中（阿米什人的教育在8年级后就停止了），却是少数上过大学的老实人中的一员，现在是一名高龄大学生（30多岁）。他希望研究医学，也许会成为第一位阿米什医生。很多曾经拥有阿米什身份的人也上过大学，或成为医生，但没有一个仍居住在旧秩序教区。利昂的非凡之处在于，他是老实人教区的成员，但也享受能够在“外部世界”生活的乐趣。

阿米什人有一项令人称奇的传统：还俗。在还俗期的几年时间里，青少年可以脱下家里缝制的统一服装——男孩是吊带裤和帽子、女孩是长裙和女帽，穿上宽松的裤子或短裙，买车，听音乐，聚会，直到他们决定彻底放弃这种欢愉的现代生活，回到旧秩序教区。与科技世界真正的亲密接触意味着他们完全知道外界可以提供什么以及自己到底在拒绝什么。利昂属于永久还俗的一类人——尽管他从不参加聚会，但是工作非常努力。他的父亲经营一家机器制造厂（常见的阿米什职业），因此利昂擅长使用工具。利昂第一次来我家的那个下午，我正在浴室里铺设水管，他很快就接手这项乏味的工作。他对五金店里的零件极为熟悉，给我留下了深刻印象。我听说过阿米什社区汽车技工的事迹，他们不驾驶汽车，但可以修理客户的任何车型。

利昂谈到只乘坐马和轻便马车的童年生活、上学时学到的知识和只有一个房间的校舍，这时强烈的渴望之情涌上他的脸颊。既然他选择离开，也就放弃了舒适的旧秩序生活。在外人看来，没有电力、中央空调系统和汽车的生活如同一种痛苦的折磨。奇怪的是，阿米什生活提供的安逸时光比当代都市生活更多。按照利昂的讲述，他们总有时间进行棒球比赛，读书，拜访邻居，从事其他感兴趣的活动。

很多关注阿米什生活的人对他们的勤劳进行了评价。这种勤劳让埃里克·布伦德这样的人深感惊奇，他是麻省理工学院的研究生，放弃

了工程学士学位，离开学校，与旧秩序阿米什（门诺教）社团一起生活，就是为了揭示这种生活方式给予人们多少闲暇时光。不是阿米什人的布伦德和妻子一起，将家中能够舍弃的器具全部扔掉，尽可能尝试像老实人那样生活。他在《更好的生活》（Better Off）一书中详细记述了这件事。在两年多的时间里布伦德逐渐接受他所谓的超简约生活方式。超简约生活使用“最少的必要技术制作某物”。像他的旧秩序阿米什（门诺教）邻居一样，他把需要使用的技术减少到最低程度：没有电动工具和家用电器。布伦德发现，拒绝电子娱乐、往返长途汽车和烦琐家务的目的仅仅在于维持已有的复杂技术，从而获得更多的休闲时间。事实上，强制性的手工伐木、用马运送肥料以及借助油灯做饭让布伦德第一次真正拥有闲暇时光。同时，艰苦繁重的体力劳动令人满意，值得去做。布伦德告诉我，他收获的不仅是更多安逸，还有成就感。

温德尔·贝里是一位思想家和农夫，他采用马这种传统工具而不是拖拉机耕田，和阿米什人非常相似。如同埃里克·布伦德一样，贝里从体力劳动和农耕成果的真实生活中获得巨大满足。贝里还是一位语言大师，没有人可以像他那样出色地描述极简约生活方式能够提供的“礼物”。他的文集《优质土地的礼物》（The Gift of Good Land）中有一个特殊的故事描述了用最少的技术获得的近乎狂喜的成就感。

去年夏天一个炽热潮湿的下午，我们第二次砍伐苜蓿……一丝风也没有。当我们把苜蓿装入马车时，潮湿的热空气似乎包裹着我们，黏在身上。在仓库里感觉更糟，锡质屋顶使温度更高，令空气越发贴身、静止。我们比平常更加安静地工作，没有时间交谈。这是令人痛苦的时刻，毋庸置疑。而且，在可触碰的范围内没有风扇按钮。

可是我们坚守岗位，甚至心情舒畅，这绝非未来主义式 [\[3\]](#) 的情感释放。完成工作后，在大榆树的树荫下，我们坐在树桩上，讲故事，大笑，长时间交谈。愉快的一天。

为什么我感到愉快？没有人可以通过“逻辑推导”说明原因。它太过复杂和深奥，无法用逻辑解释。首先，因为我们完成工作，所以开心。这与逻辑无关，但合情合理。其次，这种植物是很好的草料，我们把它们堆成很好的形状。最后，我们相互喜欢，一起工作，因为需要这么做。

就这样，经过6个月挥汗如雨的工作后，1月里一个寒冷的傍晚，我来到马厩喂马。夜幕低垂，大雪纷飞。雪花挟北风之力穿过马厩墙壁的缝隙。我把畜栏固定好，在饲料槽里放上玉米；然后爬到阁楼上，将散发清香的草料扔进饲料槽。我打开后门，马儿进来，沿过道依次进入畜栏，雪花落在它们的背上。马厩里响彻着它们的咀嚼声。到回家时间了。安逸的生活在前方等我：闲谈，晚餐，炉火，一些书籍。同时我也知道，所有的牲畜已喂饱，正美美地休息，我的舒适因为它们而放大……我走出马厩，关上门，心里很满足。

我们的阿米什朋友利昂提到同样的等式：干扰越少=越容易满足。他的社区时刻准备欢迎他回去，这种感受是显而易见的。想象一下：如果需要的话，邻居会替你支付医药费，或者在几周内无偿帮你修建住所，更重要的是，你可以为他们做同样的事。对技术的使用程度最小化，不受保险或信用卡等文明创新产品的拖累，这些因素造成对邻居和朋友的日常依赖。住院治疗由教区成员支付费用，他们还会定期看望病人。被大火或风暴损毁的仓库将以“仓库建造”<sup>[4]</sup>的形式重建，不用申请保险金。同龄人提供金融、婚姻和行为方面的咨询服务。社区尽可能地自力更生，并且仅仅因为它是阿米什社区才能够自力更生。我开始理解阿米什生活方式对它的年轻人所具有的强大吸引力，也明白今天大部分人即使还俗后仍然选择留下的原因。利昂发现，在他的约300名年龄相仿的教区朋友中，只有2~3人放弃这种高度限制技术的生活，加入略微宽松但仍不属于主流的教区。



不过，这种封闭性和依赖性的代价是选择有限。没有人教育程度超过8年级。男性从业范围很窄，女性只能做家庭主妇。对阿米什人或过着超简约生活的人来说，要获得成就感，必须从事传统工作：农民、商人和家庭主妇。但不是每个人都天生具备农业技能，不是所有人都能完美地适应马匹、谷物的生活节奏和季节的变化规律，以及与山村安逸生活永远的亲密接触。阿米什人的生活规划中会包含支持数学天才或整日沉迷于音乐创作之人的内容吗？

我问利昂，如果所有孩子的教育程度提高至10年级而不是现在的8年级——仅仅作为尝试，那么阿米什生活的全部优点，所有令人舒心的互助行为、带来满足感的体力劳动和可靠的社区基础设施是否仍然能够保持？“哦，你知道，”他说，“孩子们的激素大约在9年级时开始分泌，男孩，甚至有些女孩，就是不想坐在凳子上写作业。他们要求既动脑又动手，渴望成为有用的人。这个阶段孩子们参与实践工作可以学到更多知识。”理由充分。我10岁时希望自己“做些真正的东西”，而不是被关在乏味的高中教室里。

阿米什人现在表现出来的独立自主的生活方式严重依赖环绕这块飞地的更高层次的技术元素，他们对这个问题有些敏感。制作割草机时使用的金属原料不是他们采掘的，所用的煤油不是他们开采和处理的，房顶的太阳能电池板不是他们制造的，衣服里的棉花不是他们种植和纺织的，社区医生也不是他们教育和培训的。他们还以不参加任何类型的武装力量而著称。（但要补充的是，阿米什人是世界级的志愿者，活跃于外部世界。很少有人比阿米什人更频繁地担任志愿者，更加专业，更富有激情，他们乘坐公共汽车或轮船旅行到远方，在那里为穷人建造住宅和学校。）如果阿米什人必须自己制造全部能源，种植制衣所需的全部纤维植物，采掘全部金属，砍伐并切割全部木材，他们就会面目全非，因为需要操作大型机械、经营危险的工厂、涉足其他行业，这些都不是他们的后院能够容纳的（这是用来判断某种技术是否适合他们的标准之一）。可是，如果其他人不制造这些物

资，他们也不能维持和发展自己的生活方式。总之，为了保持现有生活方式，阿米什人需要依靠外界。技术最少化的准则是他们的选择，然而使这个选择能够实现的是技术元素。他们的生活方式离不开技术元素。

长期以来我一直对这样的问题感到困惑：为什么类似阿米什人的非主流群体基本上只有在北美才能看到。（有亲缘关系的门诺教徒在南美建立了几处卫星定居点。）我用了很长时间努力寻找日本阿米什人、中国阿米什人、印度阿米什人，甚至伊斯兰阿米什人，却没有任何结果。我发现以色列有些激进的正统犹太人排斥电脑，类似的还有一两个小规模伊斯兰教派禁用电视和互联网，以及印度的某些耆那教僧侣拒绝乘坐汽车和火车。就我所知，北美以外没有其他现存的大型团体以技术最少化为基础确立生活方式。那是因为，在科技发达的美国之外的地区，这样的理念似乎是疯狂的。这种自愿放弃式的选择只有在有物可弃的情况下才有意义。早期的阿米什异端分子（也就是新教徒）与相邻的欧洲农民没有区别。由于受到教廷的极端迫害，阿米什人以停止技术升级的方式保持与“世俗”主流社会的隔离。今天他们不再受到迫害，但仍然是科技高度发达的美国社会的异类。个人再创造行为和进步所产生的持久推动力是美国的标志，阿米什人的选择与此相反，但也生机勃勃。他们的生活方式与中国和印度的贫苦农民非常相似，因此在那些地方不具有意义。对科技如此从容的拒绝只能存在并且起因于现代科技社会。

北美地区技术元素过于丰富，这也导致了其他自愿放弃行为。20世纪60年代后期和70年代早期，数万名自称嬉皮士的年轻人蜂拥至小农庄和临时公社过起与阿米什人差别不大的简单生活。我是这场运动的参与者。温德尔·贝里是我们当时追随的导师之一。我们在美国农村开展小范围试验，丢弃现代科技（因为它似乎压制个人主义），手工打井，自磨面粉，养殖蜜蜂，用自然晒干的泥土建房，甚至制作不定期工作的风车和水力发电机，试图重建新世界。有些人还从宗教中寻

求安慰。我们的发现与阿米什人的知识相似：这种简约性在团体中使用效果最好，实现方式不是完全抛开科技，而是只要部分技术，最有效的似乎是我们所谓“适当技术”的技术含量低的方案。这种扎染<sup>[5]</sup>式地、慎重地、自觉使用适当技术的生活方式一段时间内让我们深感满意。

不过，仅仅是一段时间。我曾经担任过编辑的《全球概览》杂志是数百万简单技术试验的现场手册。我们翻阅一页页的信息，了解如何建造鸡笼、种植蔬菜、凝固奶酪、教育后代、坐在稻草搭建的房屋内开始家中办公。我近距离见证了对技术限制的初始热情如何不可避免地转化为焦虑不安。渐渐地嬉皮士们开始逃离他们精心设计的简单世界。他们一个接一个地离开圆顶屋，回到乏味的车库和阁楼，让大家吃惊的是，在那里他们将自己的“小即是美”技能转变为“从小处开始创业”的企业家精神。《连线》杂志的诞生和长发程序员文化（想想开源的UNIX系统）均出自20世纪70年代反主流文化的辍学生之手。正如《全球概览》的嬉皮士创办人斯图尔特·布兰德回忆的那样，“‘做你自己的东西’轻松转变为‘开始你自己的事业’”。我丢失了与我有私交的数百人的讲话记录，这些人当时离开嬉皮士公社，最后在硅谷创建了高科技公司。现在这些人的故事几乎已成为陈词滥调——从赤脚汉到亿万富翁，就像史蒂夫·乔布斯。

早期的嬉皮士没有保持与阿米什人相似的生活方式，是因为尽管在那种社区工作令人满意、具有吸引力，但多元选择的美妙呼唤更让人心驰神往。嬉皮士离开农庄与不断有年轻人离开农村的理由相同：科技撬动的机会日夜召唤着他们。回顾过去，我们也许会说嬉皮士离开的原因与梭罗离开瓦尔登湖的原因相同，他们的来与去都是为了体验最丰满的人生。自愿接受简单生活是一次机会，一次选择，每个人至少在生命的某个阶段应该经历这样的生活。我极力赞成把选择性的贫穷和简约主义作为绝佳的教育手段，尤其是因为它将帮助你挑选值得优先考虑的技术。但我也注意到，完全发挥简单生活的潜力要求人

们将简约主义视为人生诸多阶段中的一个（甚至可以是重复出现的阶段，就像沉思时刻和安息日）。过去10年间，新一代超简约人士出现了。今天他们在城市里过着自助式生活：生活简单，从志趣相投的自助者建立的特殊团体那里获得帮助。他们试图既享受阿米什人因热情互助和体力劳动而获得的满足感，又拥有城市里不断涌现的各种选择。

因为个人曾经经历从技术含量低的生活过渡到选择多元化的生活，所以我敬佩利昂、贝里、布伦德和旧秩序老实人社团。我确信阿米什人和超简约主义者比我们这些匆忙赶路的城市技术爱好者更有满足感。通过慎重地对技术进行限制，他们指明了如何实现空闲时间、舒适性和确定性的诱人组合并加以优化，使之胜过不确定机会的优化。事实是，当技术元素产生大量自生成的新选择时，我们发现自己更难获得满足感。如果我们不知道选择什么去充实自我，又怎么能感到满足呢？

所以，为什么不引导大家都朝这个方向前进呢？我们为什么不集体放弃多元选择，成为阿米什人？别忘了，温德尔·贝里和阿米什人认为我们的数百万个选择都是幻象，没有意义，或者表面上是选择，实际是陷阱。

我相信这两条科技价值观迥异的路线——使满足感最优化和使选择最优化——可归结为对人类发展方向的完全不同的理念。

只有相信人类本性是固定不变的，才可能优化人类的满足感。如果需求在变动，就不可能获得最大程度的满足。极简约技术主义者坚持认为，人性是不变的。如果从整体上评价进化，他们会认为人类在非洲大草原上数百万年的生存史塑造了我们的社会属性，这个过程使我们的内心不容易因为新发明而满足。的确，我们那经历漫长岁月的灵魂渴望不受时间影响的满足感。

如果人性确实不变，那么就科技支撑人性这一问题达成最优方案是有可能的。温德尔·贝里认为，用结实的铸铁手动泵取水远胜于用套在支架上的桶汲水。他还说，家养的马拉犁比人强，在他之前的很多古代农民正是这么做的。可是对于用马拖动农业设备的贝里来说，任何超越手动泵和马拉犁的创新都会有损人类本性和自然系统的满足感。20世纪40年代拖拉机被引入农业时，“劳动速度可能提高，但没有质量。”贝里写道：

考虑一下国际牌9号高速档割草机这个例子。这是一款用马拉动的割草机，性能肯定超过此前的所有工具——从镰刀到国际牌系列之前的机器……我有一台这样的割草机，用它在我的草地上锄草，同时邻居用牵引机割草机锄草。我从自家门前新修整过的草地来到刚用牵引机割过草的草地，可以毫不犹豫地说，尽管牵引机工作更快，但质量没有提高。我认为，其他工具基本上都存在同样的问题：犁、锄地机、耙、谷物条播机、播种机、扩张器等……拖拉机的出现使农民可以干得更多，但不是更好。

对贝里而言，科技在1940年达到顶峰，这个时刻所有农业用具都发展到极致。在他和阿米什人看来，小型混合家庭农场巧妙的循环解决方案是保证人类、人类社会和环境的共同健康和满意的完美模式，在这个模式中，农民生产植物种子作为动物食物，动物提供粪便（这是种植更多植物所需的能量和养分）。经过数千年的忙忙碌碌，人类终于找到一种方式使工作和休息同时达到最优化。而现在我们发现，多余的选择打破了这种优化，只会使情况变得更糟。

在漫长的发展历程中——我指的是过去1万年再加上未来1万年——人类的发明和满足感的顶峰期竟然是1940年，这种观点如果不是骄傲自大，就是纯粹的愚蠢，当然，我也可能是错误的。这个时间点恰好是温德尔·贝里尚未成年时，当时他在农场生活，与马为伴，这绝不是巧合。贝里似乎接受了艾伦·凯（Alan Kay）对科技的定义。凯聪

明博学，曾经就职于雅达利、施乐、苹果和迪士尼等公司，他提出的科技定义是我听到的定义中比较合理的。“科技，”凯说，“是在你出生后发明出来的某种东西。”1940年不可能是科技提升人类满足感这一过程的终点，因为人性的发展还未停止。

我们对人性的驯服一点也不亚于对马的驯化。我们的本性是我们5万年前种下的有韧性的庄稼，今天仍在对它精心培育。人性的领域从来不是静止的。我们知道，基因决定了我们的身体正在迅速变化，比过去100万年的任何时期都要快。我们的大脑与文化正在对接。我们已不是1万年前开始犁田的同一批人，这绝非夸张或者暗喻。由轻便马车、柴火烹饪技术、混合肥料园艺和简单工业构成的舒适的互锁系统也许完全适合过去农耕时代的人性。可是对人类传统生活方式的忠诚忽视了这一点，即人性——需求、欲望、恐惧、原始本能和最崇高的理想——不断地被我们自己和我们的发明所改造，而且这种生活方式排斥人性的新需求。我们需要新工作，部分原因是本质上我们已成为新人类。

我们的身体和思维不同于祖先。我们受过教育、知书达理的大脑按照新的模式工作。与过着渔猎采集生活的祖先们相比，我们更多地受到古人和现代人长期积累的知识、惯例、传统和文化的影响。每天我们的生活充斥着无处不在的信息、科学知识、无孔不入的娱乐、旅行、剩余食品、充足营养和新机会。同时，我们的基因也在快速发展，试图跟上文化的步伐。我们通过几种方式加速基因的变异，包括基因疗法这样的医学干预手段。事实上，技术元素的每种趋势——特别是不断加强的可进化性——都会导致今后人性的加速变化。

奇怪的是，很多否认我们正在变化的相同的保守主义者坚持认为人类社会没有进步。

我希望高中时是个阿米什男孩，制作物件，远离教室，明白自己是谁。可是高中的读书生活让我见识了小学时从未想象过的可能性。

那些年我的世界因为这些可能性而开始扩展，至今还未停止。在这些持续增加的可能性中，首要的是找到了舒展自我的新方法。1950年社会学家戴维·李思曼评论道：“整体而言，科技越发达，相当多的人越有可能想象自己具有他人的人格。”通过发展科技，我们可以找到自己的本来人格和衍生人格。

我对阿米什人、温德尔·贝里、埃里克·布伦德和超简约主义者足够了解，知道他们相信人类不需要为了扩展自己而大力发展科技。他们终究是简约主义者。阿米什人在展现固定人性的过程中获得了难以置信的满足感。这种强烈的满足感是真实的，发自内心，不会枯竭，具有如此强大的吸引力，以至于每一代阿米什人都会为它添砖加瓦。但我认为阿米什人和超简约主义者获得满足感的同时失去了探索能力。他们没有认识到而且也不能发现自己的潜力。

这是他们的选择，迄今为止表现不错。正因为是选择，所以我们应该赞美他们在这种选择上的成就。

也许我不唱歌、看电视或者使用笔记本电脑，但是我肯定会因为其他人做这些事而受益。所以我与阿米什人区别不大，他们也因为外人都在使用电力、电话和汽车而受益。不过与那些自愿放弃某些技术的个人不同，阿米什社区不仅限制自己，也间接限制别人。假如阿米什生活方式接受这样的普适性检验，即“如果人人如此（像阿米什人一样生活），会发生什么情况”，他们的选择所具有的最优性就不存在了。阿米什人只能接受有限的几种职业，教育程度也被压低，通过这些手段，他们不仅限制了孩子们的机会，也间接阻止所有成员接触更多的机会。

假设你现在是网络设计员，你能拥有这份职业只是因为成千上万的同龄人和前辈们扩展了可选机会的范围。他们超越农场和家庭作坊的局限，研发出适合电子设备的复杂环境，激励人们掌握新的专业知识和思维方式。如果你是会计，不计其数的前辈创造者为你设计好了

会计所需的逻辑和工具。如果你是科学工作者，你的仪器和研究领域是别人开发的。还有摄影师、极限运动员、面包师、汽车机修工、护士，无论什么职业，他人的工作让你有机会发挥潜能。他们在扩展自身的同时也在扩展你的机会。

与阿米什人和简约主义者不同，每年涌入城市的数千万移民也许会创造某种工具，增加他人的选择。如果他们做不到，他们的孩子也可以做到。人类的使命不仅是从技术元素中分离出完整的自我、获得充分的满足感，而且要为他人扩展机会。更先进的技术可以让我们施展才能，同时它也会无私地释放其他人的潜能，包括我们的后代，以及后代的后代。

这意味着当你接受新技术时，你是在间接地为未来的阿米什人和超简约自助者工作，即使他们的贡献比你少。你使用的大部分技术不会被他们采纳。不过，每次使用“某种现在还不能完全发挥作用的东西”（丹尼·希利斯对科技的定义），这种“东西”最终都会发展为适合他们使用的工具。它可能是太阳能谷物干燥机，也可能是癌症疗法。任何正在从事发明探索、扩展机会的人都会间接地扩展他人的机会。

尽管如此，阿米什人和超简约主义者提供了重要的经验，告诉我们如何选择应该接受的事物。和他们一样，我无意拥有太多设备，那不会带来真正的附加收益，只会增添烦琐的日常维护事务。我倒是希望可以慎重选择需要花时间了解的事物，希望可以丢弃不能工作的物件。我不想要限制他人选择的事物（例如致命武器）。我的确想要技术最少的生活，因为我已知道时间和精力有限。

阿米什改造者给了我很大帮助，因为通过接触他们的生活，现在我可以非常清晰地看到技术元素的困境：为了使满足感最大化，在生活中我们力求技术最少化。可是为了使他人的满足感最大化，我们必须使世界上的技术最多样化。事实上，只有当其他人创造了足够多的机会可供选择时，我们才能找到自己需要的最少工具。科技的困境在



于个人如何做到一方面使身边的物品最少，另一方面在全球范围内努力增加物品的种类和数量。

---

[1] 蒸汽朋克是合成词，由蒸汽和朋克构成，属于非主流文化，通过新能源、新机械、新交通工具等方式，努力营造怀旧特色。——译者注

[2] 阿米什人喜欢自称老实人。——译者注

[3] 发端于20世纪的艺术思潮，其支持者憎恶陈旧思想和文化。——译者注

[4] 聚会以帮助邻居建造谷仓，这是美国俄亥俄州和宾夕法尼亚州农民的一种习俗。——译者注

[5] 染色时部分结扎起来使之不能着色的一种染色方法，是中国传统的手工染色技术之一。——译者注

## 第十二章 寻找欢乐

### 专家导读

这部书读到这里，对科技带来的困境或许会有深刻的领悟了。那么下一个至关重要的问题就是“怎么办”。

这也是本书第三部分“选择”试图回答的问题。

与阿米什人集体选择的办法不同，“在现代世俗社会，特别是西方，对技术的选择属于个人行为、个人决策”。集体选择能够在现代多元社会里产生广泛的影响吗？

通过大量的实例，凯文·凯利细致地剖析了从“禁令原则”到“预防原则”，再到“警醒原则”的转变。

工业革命早期，有实力的机构如教会、政府、手工业行会，都会在不同的时期对新冒出来的技术加以限制。比如幕府时代的日本曾禁止使用枪支，中国的明朝禁止海上探险，绢纺在意大利遭禁200年之久。

但是，事实证明这种禁令的做法是徒劳的，“禁令本质上是延期令”。该出现的一定会出现，该流行的一定会流行。

与“禁令原则”不同，“预防原则”看起来要开明一些。“预防原则”看上去并不粗暴地拒绝技术的使用，或者说并不根据什么戒条阻止技术的流行。但是，“预防原则”要求技术的使用，要“洞悉其可能带来的风险”，也就是说，“证明无害”。这一要求其实与“禁令原则”没有实质的区别。比如1992年世界首脑峰会达成的《里约宣言》中，有这样的话：“具有造成重大危害之不确定可能性的活动应被禁止。除非该活动支持者证明不存在造成危害的巨大风险。”

凯文·凯利认为，这种原则理论上好听，但实际行不通。技术的负面效应既不可能完全祛除，也不可能完全预知。比如DDT的使

用就是这样。60年前DDT是有功之臣，它消灭了50%以上的疟疾。但是十几年后，DDT对水资源、土壤、物种的侵害就昭然天下了。

代替“预防原则”的应该是“警醒原则”：主动地预测和评估技术可能的发展方向，如同对待生物后代一样，“我们可以而且应该不断为科技后代寻找技术‘益友’，引导它们朝最好的方向发展”。

试图驾驭或者拒绝技术元素，都是片面的。不如学会与技术元素“共同进退，而不是针锋相对”。凯文·凯利提醒道：在基因技术、机器人技术、信息技术和纳米技术这四个领域，自我复制、自我繁殖、滚雪球式的发展，已经大大提高了技术元素的复杂性，科技的自主性也在同步增长。

“对有害技术的合理反应，不是放弃研发或者停止生产科技产品，而是开发更好的、更具生命亲和力的技术。”

善用“我们的选择”，这就是出路。

“因此，整个问题可以概括为：人类可以掌控自己思想的产物吗？”在法国诗人和哲学家保罗·瓦雷里（Paul Valéry）看来，这就是技术元素的困境。我们的造物如此浩繁、如此巧妙，已经超出了我们的控制或引导能力吗？当技术元素被数千年的推动力驱使前进时，我们有哪些选择可用于为它导航？在技术元素的规则范围内，我们到底有没有自由？通俗点说，控制杆在哪里？

我们有很多选择，可是这些选择不再简单明显。由于科技的复杂性增加，技术元素需要更加复杂的响应。例如，迄今为止可供选择的技术数量多到我们无法全部使用，以至于现在我们更多的是按照我们不使用的技术而不是按照我们使用的技术来突出自己的特征。素食主义者比杂食者更有个性，同样，选择不使用互联网的人表达了比普通消费者更加坚定的科技立场。尽管从全球范围看人们没有意识到这一点，但我们自愿放弃的技术比自愿选择的要多。

我们每个人都会拒用某些技术，这种行为方式通常是不合逻辑、无意义的。乍看之下，一些阿米什人对科技的排斥显得同样古怪荒谬。因为拒绝使用机动车辆，也许他们会用4匹马拉动1台声音嘈杂的内燃动力收割机。外人认为这种组合是虚伪的，可是它确实和我认识的一位著名科幻作家一样真诚，这位作家浏览网页，但不使用电子邮件。这对他来说是简单选择：他通过两项技术中的一项获取想要的信息。当我向朋友们了解他们的技术选择时，我发现一个朋友使用电子邮件，但不收发传真；另一个朋友使用传真机，但不打电话；还有一个朋友有电话，但从不收看电视；有人看电视，但排斥微波炉；有人使用微波炉，但没有干衣机；还有人购置了干衣机，但拒绝使用空调；有个家伙喜欢模拟驾车，却不购车；有个爱车族拒绝使用CD播放机（只有塑胶唱片）；有CD机的家伙拒绝使用全球定位系统导航，而安装了全球定位系统的人没有信用卡，等等。在外人看来，这些禁忌带有个人色彩，值得商榷、虚伪做作，可是它们和阿米什人的选择一样，都是服务于同一个目标，即从技术的巨大宝库中挑选合适的来满足个人意图。

不过，阿米什人选择或拒绝技术是集体行为。与之相反，在现代世俗社会，特别是西方，对技术的选择属于个人行为、个人决策。当身边所有同龄人都自觉排斥大众科技时，个人做到这一点要容易得多，而如果同龄人不是这样，那就会困难重重。阿米什人的很多成功之处要归功于整个团体对非正统科技生活方式的坚定支持（近乎社会强制）。事实上，这种志同道合的联盟非常重要，因此阿米什家庭不愿转投阿米什色彩较淡的教派去开发新定居点，而是等待数量足够的其他同教派家庭到来，组成达到临界数量的团体。

集体选择在现代多元化社会能够产生更广泛的影响吗？作为国家成员——甚至地球居民，我们可以一起成功地选择某些技术，拒绝其他技术吗？

几个世纪以来，在各种社会，很多技术被认为具有危险性，经济上不合算、不道德、不明智，或者完全不知道能产生哪些收益。铲除这种所谓的邪恶力量，通常的手段是严禁使用。对这些令人不快的发明，人们也许课以重税，或者立法限制其用途，或者仅限于偏远地区使用，或者完全禁止。历史上被禁绝的罪恶发明的清单包罗万象，其中包括十字弓、枪、地雷、原子弹、电、汽车、大型帆船、浴缸、输血技术、疫苗、复印机、电视机、计算机和互联网这样的重要技术。

可是历史经验告诉我们，一个社会很难长期集体排斥某些技术。最近我分析了过去1000年中能够找到的所有大范围技术禁令的案例。我把“大范围禁令”定义为文化、宗教团体或国家层面而不是个人或地方发布的针对特定技术的正式禁令。我没有统计被忽视的技术，只考虑了被主动放弃的技术。我发现了大约40个符合这些标准的案例。这对于1000年的时间跨度来说不算很多。事实上，要列出其他在1000年里只出现40次的事件并不容易。

针对某些技术的大范围禁令很少出现，而且难以执行。我的研究显示，大多数禁令持续时间比被社会接受的技术的正常淘汰周期长不了多少。少数禁令在某个时期持续了数百年，当时一项技术的改进也需要几百年的时间。幕府时代的日本禁止用枪、明代中国禁止海上探险，时间都长达3个世纪，绢纺在意大利被禁200年。还有几项禁令在历史上持续了这么长时间。由于法国同业公会几任抄写员的拖延，印刷术迟迟不能引入巴黎，不过也只有20年。随着技术的生命周期加速，一项流行的发明几年内就会消退，技术禁令期限自然也就缩短了。

图12-1绘出了禁令从颁布年份开始的持续时间，只包括已经结束的禁令。因为科技加速发展，禁令持续期也在缩短。

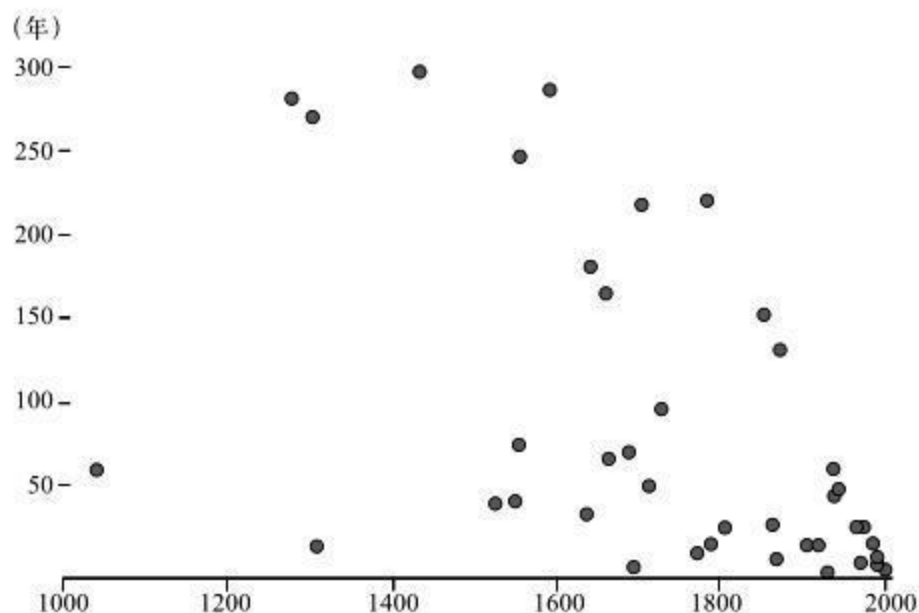


图 12-1 禁令的有效期。历史上技术禁令持续时间（纵轴表示），横轴表示禁令颁布的年份。随着时间推移，有效期在缩短

禁令也许持续时间不长，而它们在发布期内是否真正有效，却是个很难回答的问题。很多早期禁令是基于经济原因。法国人禁止生产机织棉纺品的原因和英国家庭纺织工在卢德运动期间禁止使用宽大的织袜机相同——两国农村家族式作坊的业务会因此受到影响。经济禁令短期内可以实现目标，但是通常也推动了该技术后来为大众接受的必然转变。

其他有些禁令针对的是安全问题。古希腊人首先使用十字弓，他们称之为“腹弓”，因为这种武器借助腹部肌肉力量拉开弓弦后装箭。与紫杉木制成的传统武器长弓相比，十字弓的威力和致命性远远超过前者。十字弓相当于今天的AK-87这种进攻性武器。教皇英诺森二世在1139年举行的第二届拉特朗大公会议下令禁用十字弓，理由与今天世界上大多数国家法律禁止市民拥有火箭筒相同。人们认为这两种武器的快速、大规模杀伤力用于保卫家园和狩猎时过于暴力，打击面太大。在战场上是好武器，但不适合和平时期。可是按照十字弓历史爱

好者戴维·巴克拉克的观点，“这些十字弓禁令完全没有效果。整个中世纪鼎盛期，十字弓继续成为主流的手持发射武器，用于堡垒和船只的防御时尤为重要。”十字弓的50年禁令就像今天对黑社会使用冲锋枪的禁令一样无效。

如果我们从全球视角观察科技，禁令的有效期似乎非常短暂。一种工具在某个地方被禁，就会在另一个地方大行其道。1299年，佛罗伦萨官员禁止该市的银行家在账本上使用阿拉伯数字。可是意大利其余地方都在积极使用这种数字。在全球性的市场中，东方不亮则西方亮。一项技术在某地被禁，就会流入其他地区。

转基因食品被普遍认为不合法，而且的确有国家禁止转基因食品上市，可是全球范围内种植转基因作物的土地面积每年增长9%。尽管某些国家禁用核能，但是核电站的发电量全球年增长率为2%。唯一被世界各国有效限制的似乎是核武器，它的库存量不断减少，1986年达到高峰时为65000枚，现在是2万枚。但是，有能力制造核武器的国家数量却在攀升。

在这个联系紧密的世界，技术传承——不断升级的版本取代旧版——的加速使得最具意义的禁令也无法持久生效。禁令本质上是延期令。有些人，例如阿米什人，认为这种延期对他们很有帮助，其他人则希望在延迟期间能够发现更具吸引力的替代技术。这是有可能实现的。可是大量的禁令完全不能淘汰某项被认为具有破坏性或道德败坏的技术。技术可以被延迟推广，但不会消失。

这些对象广泛的禁令极少发挥效力的部分原因是，我们通常不能理解首次出现的新发明。每一种新理念都充满不确定性。不论原创者多么确信他（她）的最新理念将改变世界，或结束战争，或铲除贫困，或娱乐大众，事实是没有人知道它会产生什么后果。甚至理念的短期效应也是不明朗的。历史上被发明人误导的技术预期的案例非常多。托马斯·爱迪生相信他的留声机将主要用于记录濒死之人最后的遗

嘱。早期支持者资助无线电设备研究，是因为相信它将成为向农民布道的理想工具。人们最早把伟哥作为治疗心脏病的药物进行临床检验。互联网发明的最初目的是为了预防灾害发生时通信数据丢失而进行备份。只有极少的伟大创新一开始就触及了它最终达到的高度。这意味着在一项技术尚未“长大成人”之前预想它可能会产生什么危害几乎是不可能的。

人们不知道技术发展成熟之后会发挥什么作用，只有少数技术例外。一项发明需要早期接触者经常使用并与其他发明多次碰撞，这样可以精练它在技术元素中的作用。与人类一样，不成熟技术的首次亮相常常以失败告终，之后才会找到更好的用武之地。从诞生那一刻起就一直保持初始作用的技术是罕见的。更常见的是，发明家宣称他的新发明具有某种预期（并且有利可图）的效用，但这很快被证明不符合事实，于是又宣传这项发明具有其他一系列效用（收益要差一点），可是这些效用中真正实现的很少，如此循环，直到现实引导该技术开始产生边缘的未曾预料的效用。有时边缘效用发展到极具颠覆性的情形，最终成为标准效用。当技术获得这样的成功时，早期的失败就被掩盖了。

爱迪生制造出第一台留声机后，过了一年时间仍然在努力思考它将发挥什么作用。爱迪生比任何人都了解这项发明，不过他的构想称得上天马行空。他认为这一灵感能产生的设备有：听写机、供盲人使用的听觉书、说话钟、音乐盒、拼写课本、用于记录死者遗言的录音机以及应答机。他在一份清单中列举了留声机的可能用途，在最后添加了播放录制音乐的想法——几乎算得上马后炮。

人们研发激光技术并使之成为工业力量的目的在于击落导弹，但这种技术的数十亿次应用主要是识别条形码以及制作电影DVD。晶体管的发明是为了取代房间大小的计算机中的真空管，而今天制造的大多数晶体管被用来组装照相机、电话和通信设备的微处理器。手机起



初是作为……哦，还是手机。在开始的几十年里，它们的功能就是打电话。但是到了成熟期，手机技术开始成为图形界面输入板、电子书和视频播放器的移动计算机平台。转换功能是技术的常态行为。

全世界已有的理念和技术的数量越多，当我们引入新事物时，就越有可能产生融合和后续反应。在每年产生数百万新创意的科技文化中用数学方法预测结果，难度很大。

因为我们倾向于从更好地完成原有工作的角度来构想新事物，所以要预测它们未来的发展方向更加困难。这就是最早的一批汽车被称为“无马四轮车”的原因。早期的电影就是直接用胶片记录剧院戏剧。经过一段时间后人们才认识到电影摄制作为新型媒体所具有的完整特征，这种新媒体可以产生新事物、开启新视野、创立新职业。我们被同样的短视困扰。今天我们认为电子书不过是出现在电子纸上的传统图书，却没有意识到它是搭建共享型全球图书馆的极具影响力的文本串。我们认为基因检测就像验血型，后者一生中就做一次，得到固定结果，而基因排序与之不同，因为基因不断变异、重组，与我们的生活环境发生互动，所以我们也许每小时都要做一次基因检测。

大多数新事物的可预测性很低。中国的火药发明者最不可能想到的就是枪的出现。电磁铁发明人威廉·斯特金没有预见到电动机的发明。非洛·法恩斯沃思想象不到他的阴极射线管会导致电视文化的繁荣。20世纪初的广告强调新近问世的电话可以传递的信息，例如邀请、商店订单或者确认是否安全送达，试图诱导犹豫不决的消费者购买。广告商把电话描绘成更加方便的电报，没有人暗示可以通过电话进行交谈。

现在的汽车已成为公路、免下车餐厅、安全带、导航设备和超级节油的数字仪表板构成的网络的一部分，其技术不同于100年前的福特T型车。大部分区别来自后续发明，而不是生命力持久的内燃机。同样，今天的阿司匹林也不再是过去的阿司匹林。考虑到体内存在其他

药物、寿命变化、服药习惯（每天1片）、价格低廉等因素，它既不是从柳树皮精华液中提取的民间药物，也不同于100年前拜耳首先发明的那种合成物，尽管它们本质上都是同一种化学物质——乙酰水杨酸。技术在进步中变化，在使用中改造。随着它们的传播，第二级、第三级效用出现了。当它们开始普及时，几乎总是带给人们未曾预料到的效用。

另一方面，大多数诞生初期闪烁伟大光芒的技术理念逐渐淡出人们的视野。少数不幸的理念产生了巨大问题——完全不同于发明者当初的设想。镇静剂对孕妇来说是伟大发明，但对还未出生的孩子则是可怕的事物。内燃机非常有助于机动性，而对呼吸则会造成极大危害。氟利昂具有冷冻效果，价格低廉，但却破坏地球外围保护性的紫外线过滤层。在某些情形中，效用变化导致的纯粹是发明者不希望看到的副效用；在大量例子中，最终的功能与初始时大相径庭。

公正地评价各类技术，每一项都既有优点，又有缺陷。没有不包含缺点、不偏不倚的技术。一项技术的结果随它的本质变化而扩展。影响力大的技术同时在两个方向发挥影响力——好的方向和坏的方向。没有只具备高度建设性的技术，相反也没有只具备高度破坏性的技术，就像不可能造成巨大危害的伟大理念是不存在的。毕竟，人类心灵是最美丽的，但也能产生残暴的思想。事实上，除非一种发明或理念能够被无所顾忌地滥用，否则就称不上绝佳。这应该是技术预期的第一法则：新技术前景越光明，潜在危害性也就越大。对于互联网搜索引擎、超文本和网络这样受到喜爱的新技术，这条法则也适用。这些极其强大的发明释放出自文艺复兴以来未曾见过的创造力，可是当（不是假设，而是事实）它们被滥用时，它们追踪和预期个人行为的能力将是可怕的。如果说新技术可能创造前所未有的收益，也就有可能制造前所未见的麻烦。

要摆脱这种显而易见的困境，方法就是考虑最坏的结果。这就是所谓“预防原则”——广泛使用的新技术评估方法——得出的结论。

1992年世界首脑会议第一次提出预防原则，作为《里约宣言》的一部分。在原始版本中，它建议“不得以缺乏科学充分确定证据为理由，延迟采取符合成本效益的措施防止环境恶化”。换句话说，即使不能科学地证明某种危害将要发生，这种不确定性也不应该阻止人们采取措施防止可疑危害。自那以后预防原则被多次修改，经历多个版本，越来越像是禁令。最新的版本称：“具有造成重大危害之不确定可能性的活动应被禁止，除非该活动支持者证明不存在造成危害的巨大风险。”

还有一个版本——或者说预防原则的另一种说明——应用于欧盟的法规（《马斯特里赫特条约》规定的内容）以及《联合国气候变化框架公约》。美国环境保护局和《空气清洁法》（Clean Air Act）采用的方法是建立污染控制等级制。预防原则也被写入波特兰、旧金山和俄勒冈州的绿色城市的市政法规中。生命伦理学家和反对迅速推广技术的人最喜欢这条标准。

预防原则的所有版本都包含了下面的公理：人们在接受一项技术之前必须证明它完全无害。它必须被证明是安全的，才能推广。如果不能，应被禁止、限制、修改、丢弃或者忽视。换句话说，对新理念的第一反应应该是不作为，直到其安全性得以确定。当新事物出现时，我们应当暂停下一步行动。只有在新技术被科学证明无害后，我们才应该尝试使用它。

表面上看，这种方法似乎让人感觉理性谨慎。我们必须预计和防止危害。事先预防总要好于事后遗憾。不幸的是，预防原则的理论不错，可实践起来却有问题。“预防原则对一件事来说非常有效，即停止科技进步。”哲学家和咨询顾问马克斯·莫尔说。卡斯·R·桑斯坦写书揭

露该原则的真相：“我们必须对预防原则提出质疑，不是因为它引导我们走向错误方向，而是因为它的全部价值就是让我们原地不动。”

所有的优点总会在某处产生缺点，因此无条件地按照预防原则的严密逻辑，没有任何技术将被采用。即使稍微放宽限制的版本也不会及时地允许人们使用新技术。不管理论怎样，从现实来看，我们无法总结出所有风险，不是因为概率低的缘故，而努力预测所有不太可能发生的风险会阻碍更有可能的潜在收益。

例如，全世界有3亿~5亿人身染疟疾，每年有200万人因此死亡。它使那些逃脱死亡厄运的人身体虚弱，并导致循环性的贫困。可是在20世纪50年代，通过在室内各处喷洒杀虫剂DDT，疟疾的感染率下降了70%。DDT是非常成功的杀虫剂，农民在棉田里积极地喷洒数以吨计的DDT——它的分子进入水循环圈，最终对动物的脂肪细胞产生副作用。生物学家谴责它是导致某些猛禽生育率下降以及某些鱼类和水生物种灭绝的罪魁祸首。美国1972年禁止DDT的使用和生产，其他国家随后也颁布同样的禁令。然而，没有DDT的喷洒，亚洲和非洲的疟疾病例再次开始增加至20世纪50年代之前的致命水平。在疟疾肆虐的非洲地区，重新引入DDT喷洒的计划被世界银行和其他援助机构阻止，后者拒绝提供资金。1991年91个国家和欧盟签订的一份协议同意逐步淘汰DDT。它们依据的就是预防原则：DDT可能造成危害，事先预防胜过事后遗憾。实际上DDT从未表现出伤害人类的性质，喷洒到家中的少量DDT造成的环境危害还未测量过。可是没人可以证明DDT不会造成伤害，尽管它已被证明能够造福于人。

谈到风险厌恶时，我们会变得不理智。我们关注我们想要抗拒的风险。我们也许注意乘坐飞机的风险，却忽视驾车的风险；也许担心看牙医时照射X光的小风险，却无视未检查到龋齿的大风险；也许关心接种疫苗的风险，却不注意患上流行病的风险；也许被杀虫剂带来的风险所困扰，而忘记有机食品的风险。

心理学家对风险进行了大量研究。现在我们知道人们会自愿而不是被迫接受1000次技术或环境带来的风险。我们无法选择安装自来水管的地方，因此在它的安全问题上的容忍度比使用自己选择的手机要小。我们还知道，对技术风险的承受程度与该技术相应的可察觉的收益成比例。收益越高，能承受的风险就越大。最后，我们知道风险的可接受性直接受到预期最坏后果和最好收益的难易程度的影响，而这是由教育、宣传、谣言和想象力决定的。有些风险容易让人想起它导致最坏结果的案例，这样的风险是民众认为最重大的。如果风险有可能导致死亡，它就是“不可忽视的”。

奥维尔·莱特在给他的朋友、发明家亨利·福特的一封信中讲述了他从一位驻中国的传教士那里听来的故事。莱特向福特讲述这个故事是有理由的，我在这里重述，理由与莱特的相同：关于投机风险的警示性故事。传教士希望改善他所在省份的中国农民收割庄稼的艰苦条件。当地农民用某种小剪刀剪断作物的茎。于是传教士拿出一把从美国运来的镰刀，向饶有兴致的人群展示它的良好工作效率。“可是，第二天早晨一个代表团来拜访传教士。他们要求镰刀必须马上销毁。他们说，如果镰刀落入盗贼之手，那还了得，整片庄稼一个晚上就能收割完毕并被带走。”于是使用镰刀的想法就被放弃了，进步没有到来，因为不使用镰刀者能够想象出这种做法可能——但总体上不大可能——对团体造成重大危害的方式。（今天很多因所谓“国家安全”原因而遭受严重破坏的地区正是这种对不大可能的最坏情况的相似预测造成的。）

由于努力实现“安全胜过遗憾”，预防原则缺乏远见。它往往全力追求唯一价值：安全。安全战胜了创新。最安全的做法是精通已被采用的技术，永不尝试可能失败的发明，因为失败本质上就是不安全的。医疗方法创新不如已被证明的标准疗法安全。创新是不谨慎的。可是因为预防原则只重视安全，所以它不仅削弱了其他价值，而且实际上会降低安全。

技术元素的重大事故通常不会像折断翅膀的鸟从高空坠落或大型管道破裂那样突然发生。现代最大的海难之一起因于船员厨房中一个燃烧的咖啡壶。区域电网突然停止运营，不是因为电力塔倒塌，而是因为一个微型泵上的垫圈断裂。在网络空间里，网页有序列表中罕见的微小漏洞可能导致整个网站崩溃。上述各种情形中，微小的缺陷激发了其他未预料到的同样微小的系统问题，或与之共同作用。但是由于各组成部分的紧密依存关系，一连串不大可能出现的细微差错接连而至，最后大麻烦滚滚而来、不可抑止，酿成灾难。社会学家查尔斯·佩罗（Charles Perrow）称这些为“正常事故”，因为它们是大系统内部活力“自然”产生的。应该受到谴责的是系统，而不是操作者。佩罗对50起大规模科技事故（例如美国三里岛核泄漏、印度博帕尔市毒气泄漏、阿波罗13号、“埃克森·瓦尔迪兹”号油轮漏油、千年虫等）进行了全面的细致入微的研究，总结道：“我们设计的事物如此复杂，以至于无法预计到那些系统性故障所有可能的互动；系统内部隐藏的过程误导或者规避我们添加的安全设备，甚至使之失效。”事实上，佩罗继续总结，安全设备和安检程序自身经常制造新事故。安全器件可能成为更多故障的源头。例如，在机场加强保安，可能使拥有关键区域通行许可的人增多，这反而削弱了安检力度。冗余系统通常作为安全备份措施，也可能容易滋生新型缺陷。

这些被称为替代风险，减少危险的举措直接导致新危险的产生。防火布有毒，可是它的替代物毒性即使不是更大，至少也是与其相当。而且，虽然建筑物内部保留防火布可能带来低风险，但与之相比，移除防火布将大大提高火灾危险性。预防原则没有考虑替代风险的概念。

总体而言预防原则歧视新事物。很多已被采用的技术和“自然”过程包含未经检验的缺陷，数量之多堪比新技术，可是预防原则大幅提高了新事物进入现实生活的门槛。从本质上看，它站在有风险的旧事物或者“自然”过程的立场上对新事物指手画脚。举几个例子：在不使

用杀虫剂的情况下种植农作物会导致它们产生自然杀虫剂与害虫搏斗，但预防原则对这些原生毒素不适用，因为它们不是“新事物”。新型塑料水管的风险无法与旧式金属管相提并论。DDT的风险没有放在过去致命疟疾的风险的背景下考虑。

最有把握解决不确定性问题的方法是更快速、更先进的科学研究。科学是检验过程，永远不会完全消除不确定性，而且，在特定问题上达成的共识随时间流逝而变化。可是基于证据的科学共识比已有的任何方法——包括凭直觉预防——更加可靠。持怀疑态度者和热情支持者公开进行了更多科学研究，能够让我们更快地得出结论：“可以放心使用”，或者“这不宜投入使用”。一旦达成共识，我们可以制定合理的法规，就像我们的社会对汽油、烟草、安全带以及其他许多事物作出强制性改进规定一样。

可是另一方面我们应该让不确定性为人类服务。即使我们认识到应该对所有创新技术的意外结果进行预估，某些特殊的意外结果还是很难预见到。“科技总是超出我们的主观意愿，我们对此非常清楚，实际上我们的意图中已包含相关考量，”兰登·温纳写道，“想象这样一个世界：各种技术只完成大脑提前设想的特定目标，除此以外再无他用。那将是一个束缚极其严重的世界，完全不同于现在我们生活的这个世界。”我们知道科技会产生问题，只是不知道哪些是新问题。

因为任何模型、试验、模拟和检测都包含内在不确定性，所以评估新技术唯一可靠的办法是让它在合适的环境中工作。一种理念必须通过新形式工作足够长的时间，才会开始显示副效应。如果人们对一项新鲜出炉的技术进行快速检验，只能看到它的主要影响。可是大多数情况下，技术产生的意外副效应正是随后出现的问题的根源。

预测、试验或理论分析很少指出通常突然降临社会的副效应。科幻小说大师艾萨克·阿西莫夫敏锐地观察到，在马作为出行动力的时代很多普通人热切盼望无马四轮车的出现，并且很容易想象它的模样。

汽车是众望所归的新事物，因为它是马车主动力的延伸——靠自身力量向前运动的交通工具。汽车能完成马车的一切功能，同时又不用马作为动力。可是阿西莫夫接着注意到想象无马四轮车的副效应——例如汽车电影院、交通瘫痪和四通八达的公路——是多么困难的事。

副效应的显现通常需要使用新技术达到一定次数，一定程度的普遍性。最早的汽车引发的主要担忧集中于乘客的安全问题——汽油发动机是否会爆炸或者刹车是否失灵。但是真正的质疑出现在汽车量产之后，那时有数十万辆汽车问世。人们担心汽车的少量污染物持续伤害人体，担心高速行驶时会撞死行人，更不用说对城郊的破坏和长途上下班的烦恼。这一切都是副效应。

不可预见的技术效用有一个共同根源，即各种技术的互动。2005年，研究人员在一份事后报告中对当时已撤销的美国技术评估局——存在时间为1972年至1995年——在评估即将问世的技术时不能发挥更大影响的原因作了如下总结：

虽然人们可以对极其先进的专业技术（例如超音速交通工具、核反应堆和特殊药品）作出看似合理（尽管总是无法确定）的预测，但技术的根本转变能力不是来自具体的人工制品本身，而是来自弥漫整个社会的技术系统的各类互动子系统。

总之，对新技术进行小范围精确试验和仿真模拟不能发现重要的副效应，因此即将问世的技术必须通过实践操作进行检验，并且实时评估。换句话说，人们必须根据特定技术在现实生活中的试验和问题来判断风险。

对新理念的合理反应应当是立即开展试验。而且只要它还没有被丢弃，就应该不断试验、检测。事实上，与预防原则相反，技术永远不能被认为“已证明安全”。人们必须时刻警惕，不间断地对技术进行



检验，因为它不断地被使用者和作为母体的内部共同进化的技术元素重新设计。

技术系统“需要持续的注意力、重构和修复，始终保持警惕是人类创造复杂事物的代价”。兰登·温纳说道。斯图尔特·布兰德在关于生态实用主义的著作《地球新规》中将持续评估行为升华为警醒原则：“警醒原则强调自由——尝试事物的自由。突发问题的纠正之道在于永不停息、细致入微的监控。”接着他建议将试用期的技术归为三类：“（1）暂定不安全的，予以改进，直至被证明是安全的；（2）暂定安全的，不断检验，直至被证明是安全的；（3）暂定有益于人类的，不断检验，直至被证明有益于人类。”暂定是关键词。布兰德的这个关键词的另一种表达方式也许是永远暂定。

爱德华·特纳（Edward Tenner）著有《技术的报复》（Why Things Bite Back）一书，论述了科技产生的意外结果，他对所谓“时刻警醒”的本质作了如下阐释：

技术乐观主义实际上指的是人类能够很早就认识到技术的突发问题，有充足的时间采取预防措施……它还需要警惕各种问题越来越多地跨越国界、在世界范围内交汇融合。但是我们的警戒线不是到此为止，而是无处不在：随机的预警检测代替紧急制动手柄，帮助火车司机完成工作；电脑备份的习惯、法律规定的对所有物品——从电梯到家庭烟火报警——强制性检验、例行的X射线安检、获取和安装新的计算机病毒库。它还表现在检查到站旅客的物品，其中可能藏有农业害虫。甚至穿越街道时保持警觉——现代都市人的第二天性，在18世纪之后才成为普遍的必要行为。有时警惕性更多地表现为安慰性的例行公事，而不是实际的预防措施，可是多多少少能产生作用。

阿米什人有一些非常相似的做法。他们与技术元素的接触建立在绝对根本的宗教信仰基础上，他们的技术受宗教理论的驱使。然而矛盾的是，与大多数世俗专业人士相比，阿米什人对待所用技术的态度

要科学得多。典型的世俗消费者往往会按照媒体的宣传“不加怀疑”地接受技术，完全不加检验。相反，阿米什人针对具有潜在用途的技术建立了一种四步经验检测法。他们不是根据假设性的最坏结果采取预防措施，而是运用基于证据的技术评估方法。

第一步，他们在内部（有时在长者组成的委员会中）讨论即将采用的技术可能对团体产生什么影响。如果农民米勒开始用太阳能电池板为水泵供电，会出现什么情况？一旦采用太阳能板，他会受到诱惑而使用电冰箱吗？接下来又会如何？他的太阳能板来自哪里？简而言之，阿米什人会猜测该技术的影响。第二步，他们密切监控一小群早期使用者采用某项技术而获得的实际效果，检验观察结果是否符合之前的猜测。新技术投入使用后，米勒一家以及他们与邻居的关系如何变化？第三，如果根据观察到的结果，新技术似乎不具吸引力，年长者会禁止使用该技术，然后评估禁令生效后的影响，从而进一步证实他们的推测吗？整个社区因为拒绝该技术而改善了境况吗？最后，他们不断重新评估。今天，经过100年的争论和观察，他们的团体仍在讨论汽车、电气化和电话的优点。这些讨论完全没有量化数据；讨论结果除了作为趣闻供人闲聊，没有其他用处。关于某项技术结果如何的故事以闲谈的形式口口相传，或者印在内部通讯上，使这种经验检测法流传至今。

技术几乎称得上活物。如同所有进化实体，它们必须通过实际运用来检测。唯一明智地评估人类的科技创造物的方法是试验样机，然后在试点工程中加以改进。通过与技术亲密接触，我们可以调整预期，改动技术，重新试验，然后再推广。在技术的实际应用过程中，我们观察结果的变化，然后重新定义我们的目标。最后，当我们对结果不满意时，可以通过接受我们的创造物，改变技术发展方向，使之具有新功能。我们与它们共同进退，而不是针锋相对。

持续使用技术的原则被称为主动原则。因为它强调评估的暂时性和持续修正的意义，所以是有意针对预防原则的反向举措。2004年，激进的超人类主义者马克斯·莫尔第一个对这个框架进行了清楚的阐释。莫尔以10条指导原则开始，但我将他的10条原则缩减为5条主动原则，每一条都是启发式的，指点我们如何评估新技术。

5条主动原则是：

### 1.预测

预测是有用的。所有预测工具都有充分根据。我们采用的方法越多，预测的准确性越高，因为不同方法适合不同技术。假想情节、推测和纯粹的科幻小说只描绘出部分前景，是我们最擅长的预测。客观的科学测量模型、模拟和受控试验应该发挥更大作用，可是这些也是片面的。真实初始数据的受重视程度应该超过推测得出的结论。预测过程应当努力给予消极面和积极面同样多的关注。如果可能的话，设想普遍推广的情形，如果人人都可以免费获得这种新事物，将会出现什么情况？预测不应作为判断。预测的目的不是精确推断某项技术产生的后果，因为所有精确推断都是错误的，而是在于为下一个四步检测法打下基础。它是为后续行动做预演。

### 2.持续评估

也可以说始终保持警觉。我们掌握了越来越多可以随时——不止一次——量化检测一切用品的手段。借助嵌入式技术，我们可以将技术的日常使用转变为大规模试验。一项新技术无论开始时被检验过多少次，后面也应该进行连续的实时复查。科技向我们提供了更多精确检验产品定位的方法。采用通信技术、低成本基因测试和自动追踪工具，我们可以致力于研究创新对特定的地区、亚文化、基因库、族群和用户模式的正面影响。检测也可以是不间断的，一星期7天，一天24小时，而不是只在第一次使用时检测。而且，社交媒介（例如今天的

脸谱网站) 这样的新技术允许市民自己组织评估活动, 自己开展社会学调研。检测需要主动性, 而不是被动应付。持续的警醒是系统的内在要求。

### 3. 优先考虑风险, 包括自然风险

风险真实存在, 并且永无止境。不是所有风险都同等重要, 我们必须权衡, 并决定优先顺序。已知和已被证明的对人类和环境健康的威胁优先级高于猜测的风险。不活跃的风险和自然系统的风险必须同等对待。用马克斯·莫尔的话说: “技术风险和自然风险的评估基础应该一致, 不要轻视自然风险, 过高估计人文和技术风险。”

### 4. 危害的快速补救

当形势不妙时——通常会这样, 必须迅速采取补救措施消除危害, 按照实际损失进行补偿。任何特定技术都会产生问题, 这一假定应该在技术研发过程中就提出来。软件产业也许可以提供快速补救的典范: 事先已经预料到漏洞, 但不作为取消产品的理由, 相反这些漏洞会被用于改进技术。考虑其他技术的意外结果, 包括那些灾难性的结果, 例如需要纠正的漏洞。技术越容易被人们感知, 补救过程就越轻松。对已发生的危害迅速做出补偿(软件业没有做到这一点) 也会间接帮助新技术投入应用。不过补偿应当是公平的。对假设性危害或潜在危害的制造者施加惩罚有损公正, 并且会削弱科技体系的力量, 降低诚信度, 伤害那些怀有美好初衷的人。

### 5. 不要禁止, 要改变方向

禁止和放弃可疑技术没有意义。转变思维, 为这类技术找到新的用武之地。一项技术可以在社会中发挥不同作用。它可以有多种表现形式, 设置多种默认功能, 担任多种政治角色。既然禁令失效, 那就改变技术的发展方向, 使之具有更加友善的形式。

回到本章开始提出的问题：我们有哪些选择可以驾驭技术元素的必然进步？

我们可以选择如何处理我们的发明，在什么领域应用这些发明，以及如何用我们的价值观约束它们。最有助于理解科技的比喻也许是把人类视为科技的父母。就像我们对待生物后代一样，我们可以而且应该不断为科技后代寻找技术“益友”，引导它们朝最好的方向发展。我们不能真正改变科技后代的本质，但是可以控制它们去承担与其能力匹配的任务和职责。

以摄影技术为例。在两种情况下，即彩色摄影处理技术被企业垄断（例如柯达垄断了50年）或者相机自身芯片处理彩色底片，摄影技术会经历不同的发展过程。垄断导致用户对所拍相片进行自我审查，并且拖延显示效果的时间，这减缓了人们接受新技术的速度，降低积极性。为了能够拍摄彩色照片并在很短时间内花很少的钱欣赏到自己的作品，人们改变了相机光学透镜和快门的特性。再举一个例子：检查发动机的零部件不难，但要检测一罐涂料的内部成分可不容易。不过我们可以研制化学品来揭示涂料成分的特殊信息，放射性同位素可以追踪涂料的制造过程，一直回溯到它们还是泥土或石油中的天然色素时，这个过程使涂料成分更加透明，易于控制和搭配。涂料技术更具开放性的表现方式产生不同意义，也许更有助于使用。最后一个例子：无线广播是很久以前就已经出现且易于制造的科技产品，目前在很多国家是管制最严格的技术之一。这种过度的政府管制致使现在所有频段中仅有几个可以被使用，其中大部分没有被充分利用。如果建立替代体系，人们可以通过非常不同的方式分配无线频谱，有可能导致手机的发明——这种设备使人们相互之间直接对话，不用通过本地中转站。随之而来的新型对等广播系统将产生极为不同的无线通信方式。

我们分配给某项技术的第一份工作经常是极不理想的。例如，当人们从空中喷洒DDT作为棉花的杀虫剂时，它给生态系统造成灾难。可是当任务仅限于在室内杀死疟疾病毒时，它就表现出众，成为保卫大众健康的英雄。同样的技术，更好的工作。也许要多次试验，多次更换工作，多次犯错，才能为特定技术挑选到很好的岗位。

我们的后代（包括生物后代和科技后代）越具有自主性，就越有犯错的可能。后代制造灾难（或者创造华彩篇章）的能力甚至超过我们自己，这就是父母这种角色最使我们懊恼同时回报最高的原因。这样看来，我们的后代中最可怕的是那些已经具有重要的潜在自主性的自繁殖技术形式。没有其他造物可以像这些技术形式一样考验我们的耐心和注意力。也没有其他技术像它们一样考验我们影响、控制和引导技术元素未来方向的能力。

自我繁殖在生物领域不是新闻。这是有着40亿年历史的魔法，让自然界可以自我补充，例如鸡生鸡，鸡复生鸡，子子孙孙无穷尽。可是对技术元素来说，自我繁殖是一种全新力量。完美复制自己并且偶尔作小小改进的技能赋予技术独立性，使之不易受人类控制。永不停息、不断加速的复制、变异和自引导循环可能导致技术系统进入超速状态，将使用者远远甩在身后。当这些科技创新突飞猛进时，它们会产生新的错误。它们不可预知的成就将令我们震惊和恐惧。

现在有四个高科技领域发现了自我复制的能力：基因技术、机器人技术、信息技术和纳米技术。基因技术包括基因疗法、转基因有机体、人工合成生命和人类谱系的尖端基因工程。借助基因技术，人们可以发明和释放新的生物或染色体。理论上，这种新生物可以永远繁殖下去。

机器人技术自然是关于机器人的。机器人已经在工厂投入使用以制造其他机器人，至少一家大学实验室已研制出自组装机器人样机。给这台机器一堆零件，它可以组装出自己的翻版。

信息技术涉及计算机病毒、人造大脑和通过数据累积产生的虚拟人物这样的自我复制物。计算机病毒已经因为擅长自我复制而闻名，数千种病毒感染数以亿计的电脑。机器学习和人工智能的圣器当然是研制出足够聪明的人造大脑，由它去制造更加聪明的人造大脑。

纳米技术与极其微小的机器（像细菌一般大小）有关，这些机器被制造出来用于清除油污、计算和清理人的动脉血管。因为体积极小，它们可以像精密的计算机电路一样工作，因此理论上，它们可以被设计成像其他电脑程序一样自组装和自我复制。它们会成为无水生命形态，尽管这将是很多年以后的事。

在上述四个领域，自我繁殖的循环不断自动放大，非常快速地显示出这些技术的效用将对未来产生什么影响。机器人制造机器人，这些机器人又去制造新的机器人。它们的繁殖周期加速，速度快到可以大步甩开我们的意图，因此令人不安。谁将控制这些机器人后代？

在基因的世界里，假如我们编写代码改变基因链，这些变异会不断复制到新一代。而且不只是亲缘基因有这样的特性，基因可轻松地在不同物种间横向移动。因此新基因的复制品——不论好坏——也许会发生时间和空间的双重传播。正如我们在数字时代所了解的那样，一旦复制品被释放出来，就难以收回。如果我们可以设计出无限繁殖并且后代比父代（以及人类）更聪明的人造大脑，我们如何控制对此类创造物的道德判断？如果它们开始产生危害，我们该怎么办？

信息技术同样具有这种滚雪球般的特性：自我繁殖超出人类的控制。计算机安全专家宣称，到目前为止在数千种由黑客制造的可自我复制的蠕虫病毒和其他病毒中，没有一种完全消失。它们永远都在发生作用——只需要两台仍然运行的电脑即可。

最后，纳米技术有望制造出不可思议的超级微生物，其结构达到单个原子的精度。这些纳米级有机体将无限繁殖，直到控制一切物

体，这种威胁被称为“灰雾”假设。因为若干理由，我认为灰雾从科学角度来说不太可能发生，尽管某些类型的可自我繁殖的纳米级物质必然会出现。但是下面这种情况非常有可能出现：至少几种由纳米技术产生的脆弱生物（不是灰雾）将在自然界、在狭窄的受到保护的生态位繁衍生息。一旦纳米虫在野外得以存活，就不可能灭绝。

当技术元素的复杂度提高时，它的自主性也在增强。可自我复制的基因、机器人、信息和纳米技术目前取得的成果揭示了这种不断增强的自主性如何引起我们的注意和重视。除了新技术的所有常见难题——不断变动的功能、副效应、不可预见的结果，自我复制的技术还有两个特有问題：放大和加速。随着一代接一代的放大，微小的效应迅速膨胀为剧变，其过程就像麦克风前的低语经过反馈后，突然放大为震耳欲聋的尖叫。凭借同样的自我繁殖循环，复制技术影响技术元素的速度不断提升。它们的影响如此深远，以至于我们现在需要扩展自身能力，提前使用和检测这些技术，从中选择合适的类型。

这是一个老故事的重新演绎。生命本身令人吃惊、使人振奋的力量来源于它那具有杠杆作用的自我繁殖能力，现在这种力量正在技术元素体内聚集。当世界上最强大的力量——科技提高自我复制的能力时，它将远比今天强大，要控制这股变动中的力量，人类将面临巨大挑战。

对于基因技术、机器人技术、信息技术和纳米技术难以控制的本性，常见的反应是要求暂缓发展这些技术，或者彻底禁止。2000年，发明了互联网使用的几种主要编程语言的计算机科学先驱人物比尔·乔伊（Bill Joy）呼吁研究基因、机器人和计算机科学的同行们放弃这四类具有潜在军事用途的技术，就像放弃生物武器一样。在预防原则的指导下，加拿大生产监视器的集团公司ETC号召暂停一切纳米技术研究项目。德国同行EPA公司要求禁止生产包含纳米银粒（作为抗菌涂料）的产品。其他公司希望禁止自动驾驶汽车在公共道路上行驶，宣



布儿童用基因疫苗非法，停止人类基因疗法，直到每项新技术被证明无害后再解除禁令。

这种做法恰恰是错误的。这些技术具有必然性，它们会造成一定程度的危害。仅就上文的一个例子来看，不要忘了，有人驾驶汽车给社会带来巨大危害，每年全世界车祸死亡人数达数百万。如果机器控制的汽车每年“只”撞死50万人，那就是进步！

可是它们最重要的后果——不论正面还是负面，在几代人的时间里是看不到的。世界各地是否会种植转基因作物，对此我们别无选择：会。我们可以选择的是基因食品系统的特性——它的创新技术是公开还是私有、政府或行业是否会制定规则、我们研制转基因食品是为了世代享用还是仅仅作为新兴产业。随着廉价的通信系统覆盖世界，地球披上了由类似神经传导物质织成的薄衣，发育出某种必然出现的电子“地球脑”。可是如果这个“地球脑”不开始工作，它的所有优缺点就无法衡量。人类的选择是，我们希望用这件薄衣制成什么类型的地球脑？是否允许大众参与？可以轻松变更其中规则并与大众共享吗？或者要费尽周折才能修改规则？控制权会被垄断吗？如果不想卷入其中，能够轻易做到吗？这张大网的细节可以通过100种不同方式表现出来，但是这些技术本身会引导我们朝着特定方向前进。怎样展现必然的全球网络是我们自己的重要抉择。塑造具体技术形式的唯一办法就是与它融合，骑上它，搂住它的脖子与之齐飞。

那样意味着现在就拥抱这些技术，把它们研发出来，启用，试验。这与暂停的做法相反，更像是摸着石头过河。其结果将是一场对话，与新兴技术的慎重接触。这些技术更快地融入未来，我们越有必要从一开始就与之共舞。

克隆、纳米技术、网络化机器人和人工智能（四大技术的几个例子）需要在我们的引导下投入使用。然后我们可以左右摆弄这几种技术。更恰当的说法是，我们将训练这些技术。就像动物和儿童的最佳

训练方法展示的那样，集中资源强化它们的正面特性，淡化负面特性，直至彻底消失。

从某种意义上说，上述四种自我放大的技术属于捣蛋分子，或者说，坏技术。为了训练它们成为带来持续收益的好技术，我们必须投入最大精力关注它们。我们需要开发恰当的长期训练技巧，引导它们更新换代。最糟糕的做法就是禁止和隔离它们。很大程度上，我们希望教育问题儿童。而高风险技术需要更多机会去挖掘它们的真实价值，它们需要我们投入更多心血和机会去试验。下封杀令只会驱使它们转入地下发展，那样它们最坏的一面将得以重点发展。

已经有几项试验在人工智能系统中嵌入指导性经验常识，使之具有“道德”，还有一些试验为基因和纳米系统安装远距离控制系统。现有的证据表明那些深入大脑的准则对人类自身是有影响的。如果我们可以培养孩子们——他们是极度渴望力量、有自主意识的整整一代捣蛋鬼——成为更优秀的人，那么我们也可以训练四大尖端技术。

如同培养孩子一样，真正的问题和争议在于我们希望传递什么样的价值观。这值得讨论。现实生活中人们能否达成共识，我很怀疑。

就技术元素而言，任何选择都要好于没有选择。这解释了为什么科技会产生如此多的问题，尽管它的天平往往略微偏向好的一边。假设我们研发出一种新技术，可以让100人长生不老，但必须杀死另外1人作为交换。我们可以争论实现所谓“平衡”需要的实际比例（也许是1000人或者100万人永生，作为交换，1人死亡），但是这种计算方法忽视了一个关键事实：因为这种延长生命的技术得以问世，所以在1人死亡和100人永生之间产生了过去未有的新选择。这个永生和死亡之间的额外机会——也可以说自由或选择——本身就是积极的。因此即使我们认为这个具有特殊寓意的选择结果（100名长生不老者=1名死者）意义被中和了，多出来的选择也会使平衡向好的一边倾斜几个百分点。用这个百分数乘以每年科技领域诞生的100万、1000万或者1亿

项发明，可以看出为什么技术元素的积极面通常略大于消极面。它提高了世界福利，因为除了直接收益外，技术元素的轨迹还不断增加选择、机会、自由和自由意志，这些是更大的福利。

最终，科技成为一种思维方式，而单项技术是思想的表现方式。不是所有思想和技术的地位都是同等的。显然，还有荒唐可笑的理论、错误的答案和愚蠢的观念。尽管军用激光器和甘地的非暴力运动都是人类想象力的有效产物，都属于技术成果，但二者之间仍有差别。有些机会制约未来的选择，有些机会则孕育新机会。

不管怎样，对蹩脚思想的正确反应不是停止思考，而是想出更好的办法。事实上，糟糕的想法总要好于完全没有想法，因为不好的想法至少可以修正，可是没有思考，就没有希望。

技术元素也是如此。对有害技术的合理反应不是放弃研发或者停止生产科技产品，而是开发更好的、更具生命亲和力的技术。

生命亲和力是一个恰当的表达，深层含义为“与生命和睦相处”。教育家和哲学家伊万·伊里奇在其著作《实现生命亲和力的工具》（Tools for Conviviality）中的定义是：“提高自主个体和原生群体的贡献……”的技术。伊里奇相信某些技术具有内在的生命亲和力，而其他技术——例如“多车道公路和义务教育”，不论使用者是谁，都是破坏性的。因此，对生命来说，技术工具非好即坏。可是我对技术元素规则的研究使我确信，生命亲和力不在于特定技术的本质，而在于它的用途、使用环境和我们赋予它的表现形式。工具的亲和力是易变的。

技术的生命亲和力表现为：

- 合作性。它推动人和机构的合作。

·透明性。它的来源和所有权清晰明了，使用方法简单，非专业用户容易上手。对某些用户来说，不存在难以理解的问题。

·分散性。它的所有权、产品和控制是分散的，不会被某个专业精英垄断。

·灵活性。用户可轻松改动、调试、提升或检测它的核心，个人可以自由选择使用或放弃。

·冗余性。它不是唯一的解决方法，不是垄断技术，而是若干选择之一。

·高效性。它对生态系统的影响达到最低程度，高效利用能源和物资，易于重复使用。

活性有机体和生态系统具有下列特征：深层次非直接合作、功能透明化、分散化、灵活性和适应性、作用的冗余性和自然效益。这些特征使得生物为人类所用，同时也是生命能够持续进化的动力。因此我们赋予技术越多的生命特征，它就越亲近我们，技术元素就越具有长期可持续发展能力。一项技术的生命亲和力越强，它就越符合作为第七王国成员所具有的本性。

的确，有些技术比其他技术更具备某些特征。有些技术很容易分散化，而其他技术倾向于集中化。有些技术天然具备透明性，其他则显得晦涩难懂，需要良好的专业知识才能使用。但是所有技术——无论来源于何处——都可以通过训练增加透明度，提高合作性、灵活性和开放性。

这就是我们的选择可以发挥作用的地方。新技术的进化是必然的，无法阻挡，但是每一项技术的特性将由我们决定。

## 第四部分 方向

## 第十三章 科技的轨迹

### 专家导读

全书充满了“拟人”和“隐喻”，本章尤其如此。这是凯文·凯利的风格。

在接近“科技想要什么”的最终结论（不是最终答案，是作为科技思想家的思考结论）的时候，从更宏观的角度，看清楚科技发展的轨迹至关重要。

凯文·凯利提了一个非常简明的问题：如何识别出那些“必然的过程”，以及经过人类意愿“选择的过程”？在作者看来，“我们的任务就是引导每一次新发明培育这种内在的‘善’，使之沿着所有生命的共同方向前进”。

本章归纳列举了13种“外熵趋势列表”，以刻画“科技的轨迹”：它们依次是：提高效率（参见第四章）、增加机会（参见第六章）、提高自发性（参见第七章）、提高复杂性、提高多样性、提高专门化、提高普遍性、增加自由、促进共生性、增加美感、提高感知能力、扩展结构、提高可进化性。

对这些科技趋势因素的剖析，充分展现出凯文·凯利细致入微地体察、倾听“科技之声”之后闪现的睿智光芒，下面撷取几例：

复杂性：技术元素的复杂性在提高，但更重要的是“各种技术血液中被添加了信息层，经过重组用于更复杂的产品”。

多样性：多样性往往是杂乱无章的另一种说法，但“多样性提高是健康的征兆”。

普遍性：当普遍性横扫一切的时候，多样性并未消失，而是更深地“嵌入”到了生命体之中。

自由：最主要的是选择的自由。

共生性：“技术元素向共生性的发展推动我们去追逐一个古老的梦想：在最大限度发挥个人自主性的同时，使集体的能力最大化。”

美感：网络“就像你的情人”。

感知能力：“技术元素准备操纵物质，重组它的内部结构，为其注入感知力。”

结构：自然的进化过程十分缓慢，但关于进化的信息却异常活跃、急速增长。“知识是一种网络现象，赐予知识力量的是关联性。”

可进化性：“进化想要进化”，“进化的进化是变化的二次方”。

语言发明、文字出现、技术元素日渐显示其无尽的活力——所有这些，在凯文·凯利看来，充满神奇、充满生机，科技的活力，“是一场召唤我们投身其中的无限博弈”。

本章是全书篇幅最长的一章，也是作者思想纵横捭阖、气势恢弘的一章。

那么，科技的需求是什么？科技想要的，就是人类想要的——我们同样渴望创造丰富多彩的价值。一项技术找到自己在世界上的理想角色后，会积极地为其他技术增加自主性、选择和机会。我们的任务是引导每一项新发明培育这种内在的“善”，使之沿着所有生命的共同方向前进。我们从技术元素中获得的真实而重要的选择是驾驭人类的造物发展为那些使科技收益最大化的具体形式，同时防止它们自我羁绊。

至少在未来一段时间内人类的作用是诱导科技沿着它的自然历程前进。

可是我们怎么知道它想去哪里？如果技术元素的某些方面注定要出现，某些方面因为人类的选择才会出现，我们该如何区分？系统理

论学家约翰·斯马特（John Smart）认为，我们需要科技版的《宁静之祷》（Serenity Prayer）。这份很可能是神学家莱因霍尔德·尼布尔写于20世纪30年代的祈祷词，在十二步戒毒法参与者中很受欢迎，它写道：

上帝，请赐我宁静，

去接受我不能改变的一切；

赐我勇气，去改变我所能改变的一切；

并赐我智慧去认清这两者之间的分别。

那么，我们怎样获得智慧去分辨科技发展的必然过程和人类意愿决定的表现形式？有什么方法可以让必然过程显露出来？

我认为，方法就是认识技术元素长期的宏观运动轨迹。技术元素想要的是进化开创的世界。在每一个方向上，科技都是40亿年进化历程的延伸。将科技置于进化的背景下，我们可以看到宏观规则在当前时代是如何发生作用的。也就是说，科技的必然形态集合了所有外熵系统——包括生命本身——共有的大约12种动力。

我提议这样判断：在一种特定技术形式上观察到的外熵特征数量越多，它的必然性和亲和力就越强。如果我们想要比较两种技术的优劣，例如植物油蒸汽动力汽车和稀有金属太阳能电动汽车，可以分析这些机器形式对上述判断的支持程度——不只是符合，而且要超越。一项技术是否与外熵力量的运动轨迹汇合是《宁静之祷》带给我们的区分依据。

科技是生命的延伸，二者的共同需求是：

提高效率



增加机会

提高自发性

提高复杂性

提高多样性

提高专门化

提高普遍性

增加自由

促进共生性

增加美感

提高感知能力

扩展结构

提高可进化性

这份外熵趋势列表可以作为一种备忘录帮助我们评估新技术，预测它们的发展趋势。它可以为我们引导新技术提供指南。举例来说，在技术元素目前这个特殊阶段——21世纪新旧交替时期，我们正在建立错综复杂的通信系统。这种全球连线体系可以通过几种方式实现，而我的保守预测是，可持续性最佳的运营技术是那些易于最大限度提高多样性、感知能力和普遍性、增加机会以及促进共生关系的技术形式。我们可以比较两种相互竞争的技术，观察哪一种更支持这些外熵特性。它是否会展示多样性？它对机会增加抱有信心还是认为机会将

逐渐减少？它会提高自身的感知能力还是忽视这个方面？如果全面推广，它会发展壮大还是不堪重负？

从上述视角出发，我们可以提出这样的疑问，大型机械化农业是必然的吗？这种由拖拉机、化肥、饲养员、种子供应商和食品加工商组成的高度机械化体系提供了充足的廉价食物，这些食物为我们发明其他工具创造了基本条件。这个体系维持我们的生命，让我们可以不断创新发明，最终推动人口增长，而这又导致更多新理念的诞生。这个体系比过去的食品生产体系——顶峰时期的温饱型农业和畜力混合农业更符合技术元素的运行轨迹吗？与未来可能出现的假想的替代农业体系相比，结果又是怎样呢？我的不成熟的初步结论是，机械化农业必然产生，是因为它在能源使用效率、系统复杂性、结构、创新机会、技术感知能力和专门化水平这些特性上有所改进。但是，它不支持多样性和美感的提高。

按照很多食品专家的观点，当前食品生产体系的问题是严重依赖单一种植（非多样性）极少数主要作物（全世界共有5种），这反过来导致药物、杀虫剂、除草剂、土壤物理性质干扰（机会减少）对农业的反常干预，以及过度依赖提供能源和养分的廉价石油（自由减少）。

其他可在全球推广的方案是难以想象的，不过有迹象表明，较少依赖政府补贴、石油和单一种植的分散化农业也许可以替代现有体系。这种超本地化的专门化先进农业体系可以由真正达到全球流动的劳工移民或者灵敏的智能工业机器人具体操作。换句话说，技术元素用以取代高度机械化的大规模农业的是配置高技术装备的个人或本地农庄。与艾奥瓦州玉米产区展现的企业化农业相比，新型先进农业更倾向于多样化，创造更多机会、选择和组织，提高复杂性、专门性和感知能力。

这种更具生命亲和力的新式农业将取代工业化农业，正如工业化耕作取代自给自足型耕作一样，后者仍是今天大多数农民的标准生产模式（他们主要生活在发展中国家）。以燃油为动力的农业必然是今后很多年全球最大的食品来源。更具感知能力、更加多样化的农业巧妙地延长了技术元素的轨迹，很像体现语言技能的薄层添加在我们的动物本质的大脑上。这样，更加丰富多彩、更加分散的农业就必然出现了。

可是，如果说技术元素的轨迹是必然事物组成的长列，我们为什么要自寻烦恼去促成它们？难道它们不会主动地接连而至吗？事实上，如果这些趋势是必然的，即使我们想要阻止它们，也无法做到，对吗？

我们的选择可以减慢它们的速度，延缓它们的到来。我们可以设置障碍。正如前文中朝鲜上空的黑暗所显示的那样，一段时间内排斥必然事物是非常有可能的。另一方面，加快必然事物的步伐也有若干恰当的理由。想象一下，假如1000年前人类认识到政治自治、大规模城市化、女性受教育或自动化的必然性，世界将有多么不同。如果几个世纪前顺应这些趋势，也许可以加速启蒙运动和科学的到来，帮助数百万人脱离贫困，延长人的寿命，这不是天方夜谭。可是，在不同地区、不同阶段，这些运动无一不被排斥、延误或者积极压制。人们继续脱离这些“必然趋势”来建设社会。从各种社会体系内部看，这些趋势完全没有显示出必然性。只有回顾历史，我们才会同意它们的确是长期趋势。

当然，长期趋势不等同于必然性。有人认为将来这些特定趋势不再是“必然的”，黑暗时代随时都有可能来临，并使趋势反转。这是有可能发生的。

长期来看，这些趋势的确只能是必然的。它们并不是注定会在特定时间出现。确切地说，这些轨迹就像重力对水的拉动。水“希望”从

大坝底部渗出，它的分子时刻寻找向下和向外的出路，就像被强迫性欲望驱使。从某种意义上说，总有一天水将会渗出——即使它已在水坝里停留了数百年，这是必然的。

科技的规则并没有强制我们按部就班地生活。它的必然性不是有计划的预言，而更像是一堵墙后面的水，积蓄了极其强烈的欲望，等待释放。

听起来我似乎是在描绘超自然力量，类似于遍布宇宙的泛神论神灵。可是我的简述几乎是相反的。这股力量与重力一样，内嵌于物质和能量的结构中。它遵循物理法则，服从自然界的最高定律——熵。这种等待爆发为各类技术的力量首先由熵推动，通过自组织过程成形，逐渐使死气沉沉的地球跃进至生命世界，从生命中孕育出思维，从思维中创造出思想的产物。它是可以在信息、物质和能量交汇处观察到的力量，能够重复出现，能够度量，尽管直到最近人们才开始研究它。

前面列举的趋势是这股动力的13个方面。这份列表并非无所不包，其他人也许有不同的概括。我也认为，随着技术元素在未来几百年的扩展以及人类对宇宙理解的加深，我们还会发现这种外熵推力的其他方面。

前面我对这些趋势中的三种进行了简述，说明它们如何在生物进化过程中展现自己，现在又是怎样扩展到不断膨胀的技术元素领域。在第四章，我分析了从天体到现在的单位能耗大户——电脑芯片，能量密度表现出的长期增长趋势。在第六章，我描述了技术元素扩展可能性和机会的方式。第七章中，我将生命的成长故事重述为生命提高自发性、展现“低”层次成分如何构建“高”层次组织的故事。在下面的部分，我将简述其余10种引领我们前进的一般趋势。

复杂性

进化过程展现了几种趋势，但最清晰可见的是复杂性的长期增长。如果要求用平实的语言描述宇宙发展史，今天大多数人会讲述这样一个伟大的故事：天地万物从大爆炸后最简单的物质开始，慢慢形成几个热点中的分子，直至生命的微小火花闪现，接着更多复杂生物——从单细胞有机体到猴子——不断涌现，最后简单的脑出现了，并迅速创造出复杂技术。

大多数观察者直观地感觉到生命、思维和科技不断增加的复杂性。实际上，现代市民不需要看到证据就确信140亿年来万物越来越复杂。这种趋势似乎与他们生命中见证的复杂性明显提高相似，因此他们很容易相信它已经持续了一段时间。

可是我们对复杂性的认知仍然很模糊，让人难以理解，并且极不科学。波音747和黄瓜，哪一个更复杂？现在的答案是，我们不知道。我们凭直觉认为鹦鹉的内部组织远比细菌复杂，那么是复杂10倍还是100万倍呢？我们缺少测量手段来评估两种生物内部组织的差别，甚至没有合理有效的定义帮助我们表达这样的问题。

现在人们特别喜欢运用像数学一样精确的理论来分析“压缩”评估对象的信息内容的难易程度，以此作为复杂性的判断依据。在保留本质含义的前提下越能够简化，复杂性就越低；越不能简化，复杂性越高。这个定义本身具有缺陷：橡子和经历了100年风雨的大橡树包含同样的DNA，这表示二者都可以被压缩——也就是简化到相同的最小信息符号串。因此，坚果和树具有同样的复杂度。但是我们感觉这棵不断伸展的树——所有独一无二的小圆齿状树叶和弯曲的树枝——比橡子更加复杂。我们希望创建更好的定义。物理学家塞思·劳埃德（Seth Lloyd）统计了关于复杂性的其他42种理论定义，但它们运用到现实生活中都有不足之处。

在我们等待具有实际意义的精确的复杂性定义出现的同时，大量事实证据表明，可以直观感受的“复杂性”——这里是粗略定义——不

仅存在，而且还在增加。一些最优秀的进化生物学家不相信进化过程中存在复杂性提高的固有的长期趋势，或者说，事实上他们不相信存在任何进化方向。但是一群相对年轻、离经叛道的生物学家和进化论者收集了一个令人信服的案例，证明存在清晰可见的复杂性增长趋势贯穿整个进化历程。

塞思·劳埃德与其他人一起提出，有效的复杂性不是自生物开始，而是在宇宙大爆炸那一刻就产生了。我在此前的章节中提出了同样的观点。按照劳埃德的信息观，宇宙诞生后的前几毫微微秒中量子能的波动使物质和能量聚集成块。随后经过重力放大，这些物质能量块发展为各种星系的庞大结构，这显示了星系内部组织的有效复杂性。

也可以说，复杂性先于生物出现。复杂性理论家詹姆斯·加德纳（James Gardner）称之为“生物的宇宙哲学起源”。生物的复杂性安装了速度缓慢的防倒退棘轮，来自星系和恒星这样的前辈。这些具有外熵的自组织系统就像生命一样，在持久的失衡状态边缘徘徊。它们不像一次混乱的大火或爆炸那样燃尽自己（具有持久性），而是长期保持波动状态（失衡），没有稳定下来成为可预知的模式或均衡状态。它们有序发展，既不混乱，也不是周期性的，而是部分有规律的，如同DNA分子。这种在某些环境——例如行星大气层——中发现的持久的、非随机的、不重复的复杂性担当了生命的平台，帮助生命建立持久的、非随机的、不重复的秩序。在一些组织——不论是恒星还是基因——的外熵形态中，有效复杂性随时间变化而提高。一个系统经过一系列步骤提高复杂性，每一次进步都将凝结成新的整体。想一想众多恒星组成的星系或者大量细胞构成的多细胞有机体。与防倒退棘轮一样，外熵型系统很少反转、退化或者变得更加简单。

安装了防倒退棘轮的复杂性和自主性的不可反转的历程在史密斯和绍特马里提出的有机体进化的8次重大转变中（第三章讨论过）有所体现。进化过程的起点是“自繁殖分子”转变成更加复杂的自维持结构

——“染色体”。接下来是进一步的复杂变化——“从原核细胞到真核细胞”。又经过几个阶段的转变后，最终的防倒退自组织系统推动生命从无语言群体进化为有语言群体。

每一步转变都会改变自繁殖的基本单位（自然选择作用的对象）。首先是核酸分子自我复制，可是一旦它们自组织为一组关联分子，就会以染色体的形式进行整体复制。此时进化主体既有核酸分子，又有染色体。接着，这些像细菌一样栖息于原核生物内部的染色体连接起来组成更大的自主细胞（构成新细胞器），现在它们包含的信息通过复杂的真核宿主细胞（例如变形虫）实现结构化，并被复制。进化主体演变为三个层次的组织：基因、染色体和细胞。第一批真核细胞通过自我分裂进行繁殖，但最后有些真核细胞（例如原生动物贾第虫）开始有性繁殖，于是生命的进化主体转变为细胞相似但性别不同的群落。

新层次的有效复杂性产生了：自然选择也开始作用于有性群落。早期单细胞有机体群落可以自己维持生存，但是很多谱系经过自组合成为多细胞有机体，整体进行复制，这方面的例子有蘑菇和海藻。现在自然选择的对象除了所有低级生物外，还增加了多细胞生物。有些多细胞有机体（例如蚂蚁、蜜蜂和白蚁）聚集为超级有机体，只能以群落的规模繁殖。在这里，进化过程也发生在群体的层面上。再接下来，人类团体产生的语言将个体思想和文化整合为全球技术元素，因此人类和他们创造的科技只能共同发展和繁衍，使进化和有效复杂性提升到新的具有自主性的层面——社会。

每一次升级后，随之形成的组织将提高逻辑、信息和热动力的等级。结构简化变得更加困难，同时随机性和内部序列的可预测性下降。每一次升级都是不可逆转的。总体而言，多细胞谱系不会回归到单细胞有机体，有性繁殖生物很少进化为单性生殖生物，群体生活的

昆虫很少离群索居。从我们掌握的知识来看，没有任何DNA复制因子会绕开基因。大自然有时会简化进化过程，但很少退化。

这里要特别说明：在某个层面的组织中，趋势是不均衡的。随着时间推移，在一科生物中，只有少数物种出现了身体尺寸增大、生命延长或新陈代谢速度加快这样的趋势，而且各种生物类别的变化方向可能不一致。举例来说，在哺乳动物中，马的体形通常随时间而增大，但啮齿类动物也许会缩小。向更大规模的有效复杂性演变的趋势主要出现于组织长期积累新层次的过程中。因此，复杂化过程也许在蕨类植物中不可见，但它出现在蕨类植物向有花植物进化途中（从蕨类植物的孢子到有性生殖）。

不是每种进化的物种都会逐步提高复杂性，（它们为什么应该这样？）而那些复杂性的确有所提高的物种无意中获得了新的影响力，可以改变让它们不适应的环境。一旦生命的某个分支像安装了防倒退棘轮一样发展到新层次，就不会再后退。这样便产生了以更大规模的有效复杂性为目标的不可逆过程。

这条复杂性曲线从宇宙的黎明延伸到生命出现的时刻。接着它继续延伸，穿过生物阶段，现在扩展到科技领域。正是造就自然界复杂性的这股动力决定了技术元素的复杂性。

如同自然界的情况一样，结构简单的物品数量持续增加。砖块、石头和水泥是最早出现的最简单技术产品的一部分，但是从数量上说，它们是地球上最常见的技术产品。它们构成了人类某些最大的造物：城市和摩天大楼。简单技术在技术元素中的普遍性与细菌在生物圈中的普遍性相似，今天锤子的产量比过去任何时候都多。技术元素的可见成分从本质上说大多为非复杂技术。

但正如自然进化那样，我们注意到一条显示信息和物质持续复杂化发展的长尾线，虽然这些复杂发明数量不多。（事实上，非大量化



是复杂化过程的表现之一。) 复杂发明积累的信息比物质多。我们发明的最复杂技术也是质量最轻、包含实物成分最少的技术。例如，软件基本上没有重量，不依附于实物，它以很快的速度复杂化。以微软的视窗操作系统这样的基础工具为例，它的代码行数13年中增加了10倍。1993年，视窗必需的代码有400万~500万行。2003年，视窗的Vista版本包含5000万行代码。每一行代码相当于时钟里的一个齿轮。视窗操作系统是一台由5000万个不断运动的元件构成的机器。

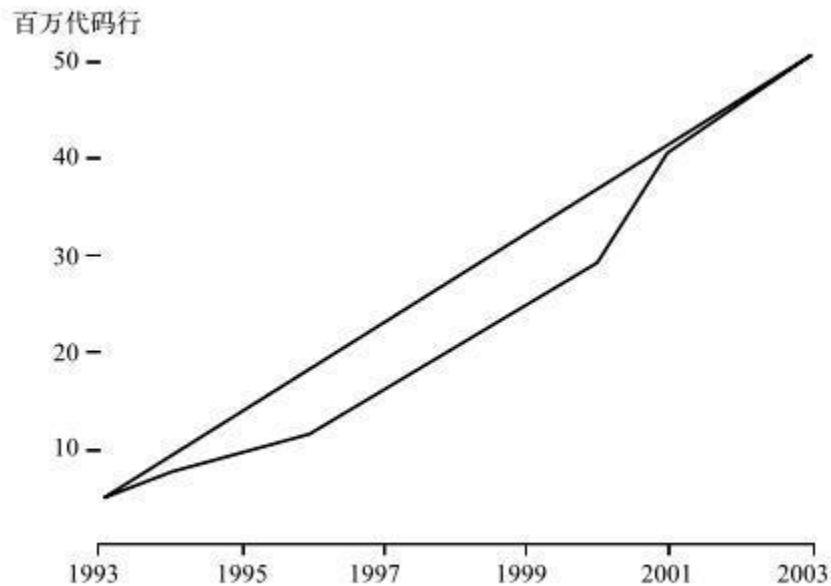


图 13-1 软件复杂性。1993~2003 年微软视窗软件各种版本的代码行数

在整个技术元素领域，各种技术的血统中被添加了信息层，经过重组后用于制造更复杂的产品。（至少）在过去200年间，最复杂机器的零件数量不断上升。图13-2是机械设备复杂化趋势的对数图。第一台涡轮喷气发动机样机有数百个零件，而现代涡轮喷气发动机的零件数超过22000个。航天飞机有数千万个实物零件，但最复杂的部分还在于它的操作软件，图13-2的估计中没有包括软件。

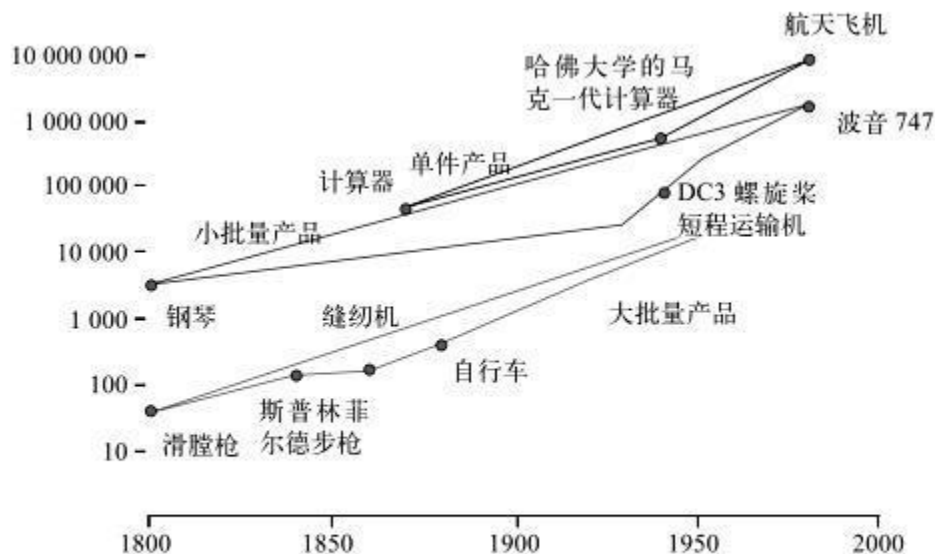


图 13-2 人造机器的复杂性。200 年来各时期最复杂机器的零件数量（用 10 的幂表示）

我们的电冰箱、汽车甚至门窗都比20年前复杂。技术元素强大的复杂化趋势向我们提出了这样的问题：它能达到的复杂程度有多高？复杂性的长期曲线将引领我们去往何处？140亿年来推动复杂性持续增长的力量今天不可能停下脚步。可是当我们试着想象未来100万年技术元素以当前速度提高复杂性时，不禁心底颤抖。

科技的复杂性可以有几种不同表现。

#### 情形一

与自然界的状况一样，科技的主体仍然是简单的、基础性的早期技术，因为这些技术的确有用。低水平技术的作用是为少量上层复杂技术打下基础。因为技术元素是各种技术组成的生态系统，所以大部分成分处于类似微生物的层次：砖、木材、锤子、铜导线、电动机等。我们可以设计具有自我复制能力的纳米级键盘，但它们不适合用手指敲击。人类多半时间将和简单事物打交道（现在正是如此），只是偶尔与令人眼花缭乱的比较复杂的物品互动，这也和我们现在的情况相同。（一天中的大部分时光，我们的手接触的是相对简陋的人造

制品。) 城市和建筑千篇一律，迅速更新换代的发明和广告牌占据了每一个角落。

## 情形二

复杂性，与成长中的系统的所有其他要素一样，在某个时候会陷入停滞状态，其他一些之前我们没有注意到的特性（也许是量子纠缠）将取而代之成为可观察到的主要趋势。换句话说，复杂性也许只是我们此刻洞察世界的透镜，时代的象征。事实上它是我们的主观反映，而不是进化过程的真实特性。

## 情形三

万物的复杂性能达到的程度是没有限制的。一切事物都在经历长期复杂化过程，向着极限复杂性的终点前进。建筑物中的砖块将会智能化，手中的汤勺将配合我们抓握，汽车将像今天的喷气式飞机一样复杂。我们一天中使用的最复杂物品将超出任何人的想象。

如果必须进行选择，我会在一号情形上下注，同时认为二号是不大可能发生的。科技的主体将保持简单或近乎简单的特色，而小部分则继续在复杂化的道路上大步前行。我认为1000年后我们的城市和住所仍将是可想象的，而不是不可辨识的。只要那时我们的躯体和现在差别不大——高度在两米之内、重量为50千克上下，围绕我们的科技主体就没有必要疯狂地提高复杂性。而且我们有充分的理由相信，尽管人们对基因工程抱有热情，但我们的身体大小会保持不变。奇怪的是，我们的躯体规格几乎恰好属于宇宙万物的中等规格。已知的最小物体几乎比我们小30个数量级，而宇宙中最大的结构体差不多比我们大30个数量级。我们中等规格的身躯与目前宇宙物理法则的可持续弹性相适应。更大的身躯会导致行动僵化，更小的身躯则导致生命短暂。只要我们拥有躯体，（有哪种快乐的生物不希望拥有特殊的外形呢？）下面这些已有的基础设施建造技术就将继续发挥作用（总体而

言)：石块铺成的路、木材和泥土加工后搭建的房屋，使用的基本成分与2000年前人类城市和住房的建筑材料没有多少区别。举个例子，有些具有远见的人也许会想象未来出现复杂材料修建的住宅，这样的住宅有些可能会成为现实，但多数普通建筑的材料不太可能比我们现在使用的木材更加复杂。没有这个必要。我认为存在“足够复杂”的限制。未来技术不必为了有用武之地而变得更加复杂。计算机行业发明家丹尼·希利斯曾经表示，他相信很有可能1000年后计算机仍然可以运行今天的程序代码，例如UNIX系统内核。它们几乎必然是二进制的。如同细菌和蟑螂，这些低水平的技术保持简单本色和生命力，是因为它们有效，不需要提高复杂性。

另一方面，技术元素加速发展，可能加快复杂化步伐，导致那些地位等同于细菌的技术也会进化。这就是情形三描述的前景，在那样的情况下，整个科技领域的复杂性都会迅速提升。这不是天方夜谭。

不论前景怎样，我们可以创造的最复杂事物是没有上限的。我们将在多个方向上创造新的复杂事物，其复杂程度甚至会令我们自己也惊叹不已。这将进一步使我们的生活复杂化，但我们会适应，绝不会倒退。我们会用具有美感的“简单”界面遮盖这种复杂性，使它就像橙子的球形外表一样精致。而在这层遮盖膜下面，我们的造物将比橙子的细胞和生物化学机理更加复杂。为了适应这种复杂化过程，我们的语言、税收制度、政府机构、新闻媒体和日常生活也会更加复杂。

这是值得我们期待的趋势。复杂性的长期轨迹在进化开始前就出现了，贯穿40亿年生命发展历程，现今在技术元素领域继续延伸。

## 多样性

宇宙的多样化过程从时间诞生那一刻起就开始了。在大爆炸后的最初几秒钟里，宇宙中只有夸克，数分钟内它们开始组合成亚原子粒子。到第一个小时结束时，宇宙中出现了数十种粒子，但只有两种元

素——氢和氦。在之后的3亿年间，移动的氢原子和氦原子聚集起来构成不断膨胀的星云团，最后坍塌为燃烧的恒星。恒星的热核反应产生了数十种原子质量更大的元素，于是，宇宙在不断进行化学反应的过程中提高了多样性。最终，一些“富含金属”的恒星爆炸形成超新星，将重元素喷射到太空中，这些物质又经过数百万年重新聚合为新恒星。经过类似于泉涌的运动，第二代和第三代恒星炼炉释放更多中子融入到金属元素中，产生其他类型的重金属，直到全部约100种稳定金属都出现。元素和粒子的多样性不断提高，还引发了更多种类的恒星、星系和轨道旋转行星的诞生。有些行星表面覆盖着活跃的地壳板块，在这些行星上，地质力量改造地表，将各类元素重新分配到新的晶体和岩石中，一段时间后就会形成新型矿石。地球上结晶矿物的种类数量增加到细菌种类数量的3倍。有些地质学家相信，除了地质过程，生化过程也是今天我们发现的4300种矿物中绝大多数种类的原因。

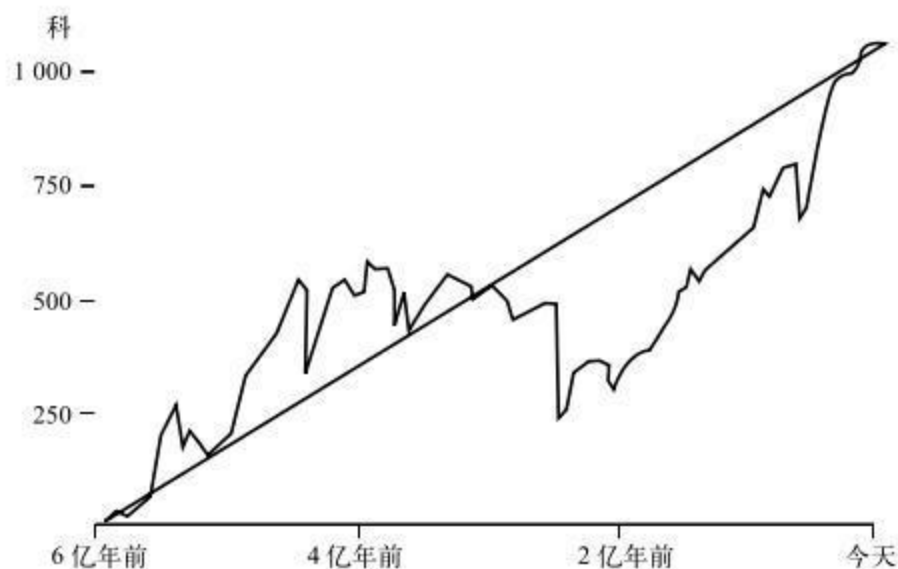


图 13-3 生物的总多样性。地球物种多样性的提高，以生物分类级别中的科为对象，统计过去 6 亿年科的数量变化

生命的出现大大加快了宇宙多样化进程。从40亿年前的极少数物种开始，地球生物物种的数量和种类经过地质时期的剧烈增长后，现在已发展到3000万种。这样的增长在几个方面表现出不均衡性。在地球发展史的某些时期，来自太空的大规模干扰（例如小行星撞击）彻底摧毁了多样化过程的成果。有时生物的一些特定分支在多样性方面没有多少进展，甚至出现短暂的倒退。但是总的来说，整个地质时期，生命——作为一个整体——的多样性得到了扩展。实际上，从恐龙时代开始，仅仅2亿年间生命类型的多样性提高了一倍。生物的差异从总体上看呈现指数级的扩大趋势，可以在脊椎动物、植物和昆虫这些领域发现这种火箭式的增长。

技术元素使多样性趋势进一步提速。科技发明的物种数量每年都在加速上升，要精确统计科技发明的数量很难，因为技术创新不像大多数生物那样具有确定的繁育范围。我们可以统计理念，这是所有发明的基础。每一篇科学论文至少提出一个新理念，过去50年期刊文章的数量经历了爆炸式增长。每一项专利也代表了一种理念，最后的统计结果显示仅在美国就有700万项专利申请，这个数字还在呈指数级增长。

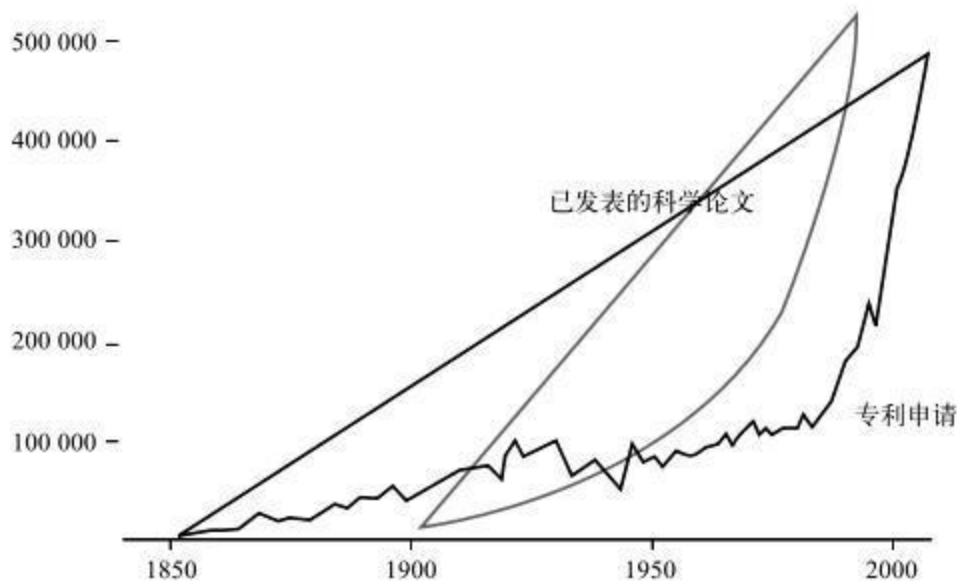


图 13-4 专利申请和科学论文总数。美国专利局收到的专利申请数量和世界科学论文发表数量遵循几乎完全相同的指数级增长曲线

技术元素内部随处可见多样性的扩展。诸如长达70英尺的潜水艇这样的水下人造物种类似于蓝鲸这样的生物有机体。飞机与鸟类相仿。我们的住所不过是更好的巢穴。但是技术元素还会探索生物从未冒险进入的领域。我们知道没有生物使用无线电波，而技术元素创造了数以百计的各类无线通信物种。虽然鼹鼠在地球上打洞的历史已有数百万年，但是与它以及其他任何生物相比，双层隧道挖掘机个头大得多、速度快得多、被坚硬岩石阻遏的情况少得多，以至于我们可以认为这些人造鼹鼠占据了新的地球生态位。X光机具有在生物界还未发现的视觉能力。再举几个例子，没有任何生物具有素描刻蚀、夜光电子表和航天飞机的相应能力。技术元素的多样性在生物进化过程中找不到对应物，这种现象越来越普遍，因此可以说技术元素的确扩展了多样性。

技术元素的多样性已经超出我们的认知能力范围。每个人都有这么多不认识的的事物。认知能力研究者发现，现代生活中大约有3000种为人熟知的名词类别。这项统计包括人造物品和生物有机体，例

如，大象、飞机、棕榈树、电话和椅子。这些是不加思考就可以辨识的事物。研究人员得出3000这个估计数字，依据的是下面几条线索：词典里的名词数量，普通6岁儿童的词汇量包含的事物数量，初级人工智能学习机可以识别的事物数量。他们估计，平均每种名词类别含有10个经过命名的条目。普通人也许会举出10种椅子、10种鱼、10种电话、10种床。因此大部分人的生活中会接触到的事物粗略估计有3万种，或者说至少有3万种事物是能够辨识的。即使我们知道一类事物的名称，也叫不出遇到的大多数生物和科技发明种类的具体名称。我们能认出鸟，但可能不知道是什么种类的鸟。我们知道草，但叫不出草的名称。看到手机，我们知道那是手机，但不知道是哪种型号。用手按压，我们可以区别厨刀、瑞士军刀和枪尖，但不一定能分辨燃油泵和水泵。

在技术元素的某些分支，技术的多样性正在降低。今天，灭火集尘器、马车鞭、手摇织布机和牛车的创新越来越少。我怀疑过去50年是否有人发明过新式奶油搅拌器（尽管很多人仍在发明“更好的”老鼠夹）。手摇织布机总是以艺术品的形式展现在大众面前。牛车并没有彻底退出历史舞台，只要世界上还有牛出生，牛车也许永远不会消失。可是因为牛车功能与过去完全相同，所以显然属于稳定的技术，历经岁月而保持不变，如同马蹄铁。大多数采用几乎要被淘汰的技术的人造制品都显示了相似的恒定性。同时扩张中的技术元素的其余部分源源不断地诞生技术创新、理念和制造品，这些人们司空见惯的活水将淹没上述科技死水区。

在线零售商Zappos销售9万种不同类型的鞋子。美国的一家五金器具批发商McMaster-Carr在产品目录上列出了超过48万种商品，仅木螺钉一项就可以找到2432种（是的，我数过了）。亚马逊公司销售85000种不同的手机和手机配件。迄今为止人类拍摄了50万部不同内容的电影和大约100万集电视剧，录制的原创歌曲至少有1100万首。化学家记录了5000万种化学品。历史学家戴维·奈宣布：“2004年，福特销售的



F-150型皮卡有78种不同配置，变换部位包括驾驶室、底盘、发动机、传动系统、装饰件以及内饰件和车漆颜色。一旦某辆车被售出，车主可以进一步改装，使之真正成为独一无二的类型。”如果以目前的发明速度继续下去，2060年将会有11亿首原创歌曲问世，120亿种不同类型的商品在市场上销售。

一些反潮流人士相信，这种超级多样性对人类有害。心理学家巴里·施瓦茨（Barry Schwartz）在其著作《选择的悖论》（The Paradox of Choice）中论述道，现在超市里出售的285种甜饼、175种沙拉酱和85种品牌的薄脆饼干让消费者无所适从。顾客走进商店寻找薄脆饼干，看见一面墙前方堆满了各式薄脆饼干，令人眼花缭乱。当他试图作出理智选择时，却不知所措，最后两手空空走出商店。“当人们决定进入拥挤的杂货店或者挑选大学课程的论文题目时，选择越多，就越难作出选择”，施瓦茨说道，在尝试选择有数百个选项的医疗保健计划时，很多消费者放弃机会，因为选择的复杂性使大脑停顿，于是他们转而退出该计划，另一方面，那些包含默认选项（可以不作决定）的计划参与率要高很多。施瓦茨总结说：“当选择的数量增多时，负面效应也在逐渐增强，直到超出我们的承受能力。此时，选择不再为人们带来自由，而是削弱自由，甚至可以说对人们施加暴政。”

诚然，太多选择也许招致遗憾，可是“没有选择”更加糟糕。文明就是稳步远离“没有选择”。与往常一样，解决科技产生的问题——例如选择的多样性使人茫然，需要的是更好的技术。超级多样性的解决之道将是“帮助选择”技术，这些更好的工具有助于人类在眼花缭乱的选项中作出决定。这就是搜索引擎、商务推荐系统、电子标签和大量社交媒介的全部意义所在。事实上，多样性本身将产生应对多样性的工具。（驯化多样性的工具就存在于疯狂提高多样性的数量庞大的专利中，按照当前速度，预计2060年美国专利局登记的专利将达8.21亿项！）我们已经知道如何使用网络信息和网页增加选择（谷歌就是这样的工具），但是借助实物和特殊媒介实现选择的增多则需要用到其

他知识和技术。在网络时代初露端倪时，一些非常聪明的计算机科学家宣布，利用关键词搜索对10亿网页进行筛选是不可能做到的，但是今天我们日常搜索的网页达到1000亿。没人要求减少网页搜索量。

不久之前，典型的未来科技景象是：标准产品，全世界千篇一律，强制的统一性。然而矛盾的是，某种形式的统一性可能释放出多样性。标准文字系统（例如字母表）的统一性释放出意想不到的文学多样性。没有统一的规则，需要逐字逐句编造，因此人们的交流只能限于本地，效率低下，使人产生挫折感。但是借助统一的语言，人们可以大范围地交流足量的信息，这样新词汇、新短语和新观念可以被人们理解、接受和传播。字母表的刚性对激发创造力的贡献比任何疯狂的头脑风暴式发明都要大。

英语的26个标准字母创造了1600万部内容不同的英文图书。当然，文字和语言仍会发展，但是它们的进化以保守的和公认的基本原则为基础：可以激发大脑创造力的（短期）固定字母、拼写方法和语法规则。技术元素将逐渐与几条普适标准融合，这些标准也许是基础英语、现代音乐符号、公制度量系统（美国是例外）、数学符号，以及被广泛采用的技术协议——从公制度量系统到ASCII（美国信息交换标准代码）和Unicode（统一字符编码标准）。今日世界的基础结构建立在由上述标准串接而成的共享系统之上。这使得人们可以在中国订购南非工厂使用的机器零件，或者去印度研究在巴西上市的药品。这种基础协议的融合也是现在年轻人可以通过10年前还不可行的方式与他人直接对话的原因。他们使用运行通用操作系统的手机和上网本，也使用标准缩略语，并且通过下列各种方法建立越来越多的共同文化标准：观看相同的电影，欣赏相同的音乐，在学校学习相同的科目和课本，衣兜里装有相同的技术产品。共有普适观念的同一性以一种奇怪的方式传递文化的多样性。

在这个全球标准趋同的世界，少数民族文化再次产生了这样的恐惧，即它们的定位差异将会消失。他们无须担心。事实上，日益普遍的全球通信工具可以为他们的差异提升价值。这些部落——例如亚马孙丛林的雅诺马马人和非洲的布须曼人——独特的食物、医疗技能和养育后代的方法过去只限于当地使用的封闭知识。他们的特殊生活方式体现的差异性在部落之外没有影响，因为他们的知识与其他人类文化隔离。可是一旦与标准公路、电力系统和通信工具结合，他们的差异就会对外人产生潜在的影响。即使他们的知识仅适用于当地环境，从更广泛的角度了解这些知识也会有所裨益。富人去哪里旅行？保留异域风情的地方。什么样的餐馆吸引消费者？有突出特色的餐馆。什么商品在全球市场流通？蕴涵新奇理念的产品。

如果这样的本土差异在与外界结合时仍然能够保持独特性（这里要加一个大大的问号），那么这种差异的价值在全球体系中将不断提高。当然，维持和而不同的平衡是一项挑战，因为这种文化差异和多样性很大程度上来自外界的分离，而在新混合体中这些文化不再与世隔绝。摆脱隔绝状态而繁荣的文化差异（即使它脱胎于此）随着世界的标准化将融合各种价值观。印度尼西亚巴厘岛就是一个例子。在与当今世界连通之后，富裕的、与众不同的巴厘岛文化似乎有了新的发展。与其他生活在新旧文化中的人一样，巴厘岛人也许将英语作为第二通用语，在家里则说本地语言。他们在早晨举行献花仪式，下午去学校学习科学知识。他们演奏加麦兰<sup>[1]</sup>，使用谷歌搜索引擎。

可是，扩展的多样性怎样与前述的同样具有渗透力的趋势结合起来：各种技术的必然序列和技术元素会以特定形式聚合吗？从表面上看，技术元素目前的发展模式会阻碍它向新方向扩展。如果全球范围内科技向单一的创新技术序列聚拢，那么又如何推动科技的多样化进程？

技术元素的内部序列与有机体的成长过程相似，后者要按部就班地经历一系列阶段。例如，所有人的大脑都会经历从幼年期到成熟期的成长模式，可是在这个过程的任何时刻大脑都有可能产生明显的思维多样性。

全世界将在最大程度上统一科技的使用，但偶尔也会有群体或亚群体发明和改进仅对边缘群体有吸引力或者仅具有边际效用的技术和技能。这样的概率极小：边缘多样性跻身主流社会并超越现有模式，从而有利于技术元素继续提高多样性。

人类学家皮埃尔·彼得勒坎（Pierre Petrequin）曾经注意到巴布亚新几内亚的Meervlakte Dubele和Iau部落很多年来一直使用铁斧和铁项链，但这些技术并没有传播到距离他们“只有一天步行路程”的Wano部落。今天情况仍是如此。日本人对手机的使用在广度、深度和更新换代速度上都远超过美国人。然而为两个国家生产手机的是同样的工厂。两国民众对汽车的使用与此类似，只是情况刚好与手机相反。

这种模式古已有之。自从有了工具，人类就因为非理性原因偏爱某些技术。他们也许避免使用某种工具的变体或某项发明——即使它们表现出更高的效率或生产率，仅仅是出于认同心理：“我们的族人不这么做”，或者“我们的传统是这样的”。人们也许无视显而易见的技术进步，即使这样的改进提高了实用性，因为新方法让他们感觉不妥或者不舒服。科技人类学家皮埃尔·勒莫尼耶（Pierre Lemonnier）回顾了历史上科技发展进程的局部中断情形，评论道：“人类对技术的使用屡次表现出违背物质生产效率或进步逻辑的行为。”

数千年来巴布亚新几内亚的安加部落一直在狩猎野猪。为了杀死重量可能与人相当的野猪，安加人设置陷阱，用木棍、藤蔓、石块和重力捕获猎物。随着时间的流逝，安加人不断完善和改进陷阱技术，使之与当地地形相适应。他们发明了三种常用陷阱。一种是在深坑里插上几排锋利的树桩，坑顶用树叶和树枝伪装。一种是将一排削尖的

木桩隐藏在低矮的屏障后面，屏障的作用是保护诱饵。还有一种是被称为悬挂死神的陷阱——将重物悬挂在小路上方，野猪路过时踢到绳索，重物落下砸倒野猪。

此类技巧不受阻碍地在巴布亚新几内亚西部高地的各村庄之间传播。一个村落掌握的技能，所有村落都知道（传播时间如果不是几个世纪，至少也是数十年）。人们不需要等待很多天就可以感受到知识的变化。大多数安加村落可以按需要设置三种陷阱中的任何一种。可是，有一个特殊群体——兰吉玛人不接受悬挂死神的共有知识。按照勒莫尼耶的说法，“这个群体的成员可以轻松说出悬挂死神这种陷阱的10个组成部分，讲述它的功能，甚至可以制作粗略的模型，但是他们就是不采用这样的装置。”河对岸可以看到邻居门耶部落的房屋，他们使用这种陷阱——非常有效的技术。从兰吉玛人的家园步行两小时就能到达卡帕部落，他们也使用悬挂死神，而兰吉玛人选择说“不”。正如勒莫尼耶所说的那样，有时“人们主动忽视被充分证明的技术”。

兰吉玛人并不是落后分子。在兰吉玛人的北边，一些部落制作木质箭头时不装倒钩，选择性地忽视了兰吉玛人使用的杀伤性倒钩这一关键技术，而事实是，安加人“有大量机会在敌人向他们射出带钩箭头时观察这种装置的卓越性能”。不论是这些安加人可以收集到的木材类型，还是他们能够狩猎的野兽，都不能解释这种部落特有的弃用现象。

各种技术都具有超越纯机械性能的社会属性。我们采用新技术，主要考虑的是它们的用途，但也有部分原因是它们对我们具有什么意义。我们经常因为相同的理由而拒绝一项技术：放弃使用这一技术会以某种方式强化或塑造我们的个性。

如果研究者仔细分析古代和现代的技术传播模式，都会发现群体采用的模式。社会学家注意到萨米人的一个分支拒绝使用两种已知的套索捕猎驯鹿技术中的一种，而其他拉普兰人则使用这两种技术。一

种特殊的横轴水车在摩洛哥得到广泛使用，在世界其他地区却不见踪影，虽然各地水车的物理原理是相通的。

我们应该预期人们将继续表现群体偏好和社会偏好。团体和个人排斥各种技术先进的发明，仅仅是因为他们可以这么做。或者是，因为其他所有人都使用这些发明，因为它们与他们的自我概念冲突，因为他们不介意花更多精力做事。人们为了表现自己的与众不同，会拒绝或舍弃某些全球标准技术。这样，当全球文化悄悄地朝着技术趋同的方向运动时，数十亿科技用户的个人选择却呈现差异化，因为他们渐渐倾向于选用更小型、更具特色的产品。

多样性为世界的发展提供动力。在生态系统中，多样性提高是健康的征兆。技术元素也要借助多样性的力量。从生命的黎明开始，多样性的浪潮越来越磅礴；在可预见的未来，它将继续向四面八方奔腾，永不停息。

## 专门化

进化主体从一般向具体转移。最早出现的细胞是具有一般功能、像生存机器一样的凝块。随着时间的推移，在进化的打磨下，一般性转变为多种特殊性。在初始阶段，生命的活动范围仅限于温暖的水池。但地球上的大部分地区都是极端环境：火山和冰川。进化创造出擅长在沸水和寒冰中生存的细胞，还有专门吞食油污、分离重金属的细胞。专门化使生命得以开拓这些重要的但地形多变、环境极端的栖息地，并且占领了数百万个生态位——例如其他有机组织的内部或者空气中尘埃的凹坑。很快，地球上每一种可能适合生命的环境都出现了相应的生命形式，在那里繁衍生息。现在，除了极少数配置医院设备的临时场所，这个星球上不存在无菌之地。生命细胞不断专门化。

专门化趋势也适用于多细胞有机组织。有机体内的细胞进行了专门分工。人体内有210种不同类型的细胞，包括肝和肾的特别细胞。人

体具有独特的心肌细胞，与骨骼上的普通肌肉细胞不同。发育为各种动物的原始的全能卵细胞分裂成具有更高专门性的细胞，经过不到50次有丝细胞分裂，你和我最终成为由1015个骨骼细胞、皮肤细胞和脑细胞构成的统一组合物。

在进化过程中，最复杂的有机体中细胞类型数量显著增加。事实上，这些有机体的某些部位更加复杂，因为那里包含了更加专门的细胞。因此，专门化过程追随复杂性的轨迹。

有机体本身往往也会经历深层次的专门化。举个例子，在漫长的岁月中，藤壶（由50种专门细胞构成）进化出特殊能力：身披6块壳板的藤壶适合生活在潮汐运动剧烈的地方，那里每个月会被潮水淹没几次（潮水也带来了食物）。蟹奴藤壶只栖息于活蟹的卵袋内。鸟类长出特殊的喙，专吃种子：纤细的喙吃小种子，肥大的喙吃坚硬的种子。有几种植物（我们称之为野草）是机会主义者，会侵占任何扰动土，而大多数植物生存技能的用武之地是某些特定的生态位，例如阴暗的热带湿地或干燥多风的山峰。众所周知，树袋熊专吃桉树叶，熊猫偏爱竹子。

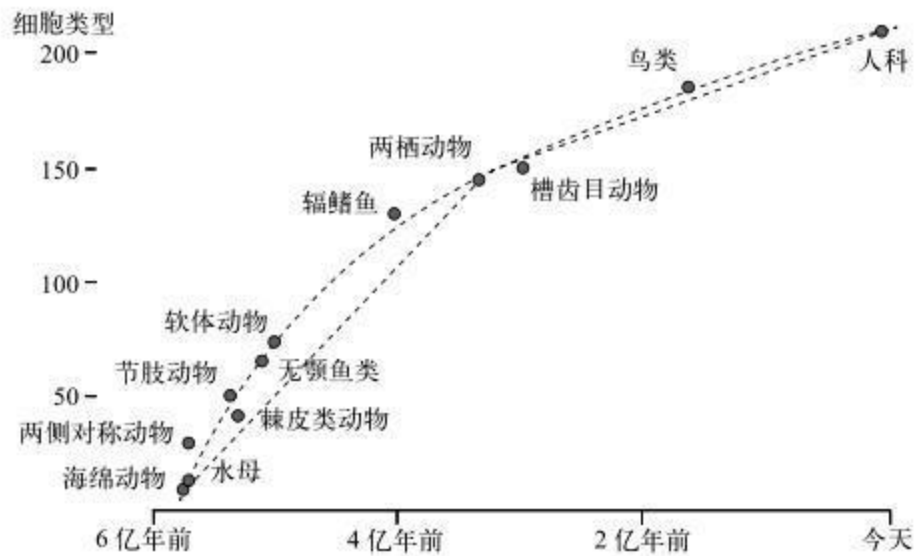


图 13-5 专门化细胞类型。有机体身上发现的不同细胞类型的最大数量在进化过程中不断上升

生命的专门化趋势受到一场“军备竞赛”的推动。更多专门化的有机体（例如蚌依靠进食深海暗处的火山口喷发的含硫物质长大）为竞争者和捕食活动（例如螃蟹以食硫蚌为食）提供更多专门化条件，这导致更多专门化的生存策略（例如螃蟹里的寄生虫）和觅食方法的出现，最终孕育出更多专门化的有机体。

这种专门化动力也扩展到技术元素领域。猿人的原始工具是一边被砸开的圆形石块，具有刮擦、切削、捶打多种功能。一旦被现代智人采用，这种工具就变身为专门化工具：单独的刮刀、切刀和锤子。专门化分工增加，久而久之导致工具的种类也增加。缝衣物需要针，缝兽皮需要特殊的针，缝织物又需要其他类型的针。当简单工具与复杂工具结合组成混合工具（细绳+树枝=弓）时，专门化程度提高了。今天人造物品令人吃惊的多样性主要是由复杂设备的专用器件需求推动的。



同时，就像有机生命的情况那样，工具通常在刚出现的时候具有多种用途，后来演变为特定任务专用。第一台使用胶卷的相机发明于1885年。一旦有了雏形，相机的设计思路开始专门化。在此后的几年时间里，发明家们研制出微型间谍相机、超大全景相机、复合透镜相机和高速闪光相机。现在专用相机达到数百种，包括在深水区和太空真空环境使用的相机以及可以捕捉红外线和紫外线的相机。虽然人们仍然可以购买（或制作）早期的多功能相机，但是它们在相机王国的领地越来越小。

这种从一般到具体的顺序体现在大多数技术上。汽车开始时集各种功用于一身，经过一段时间进化出各种专用车型，而那种多功能车则渐渐消失。人们可以选择迷你车、大型货车、跑车、轿车、皮卡、混合动力车等。剪刀的功能也分为剪发、剪纸、剪地毯、剪渔网和剪花。

展望未来，专门化的程度将继续提高。第一代基因排序装置的工作对象包括任何基因。下一步是为研究人员制造专门针对人类DNA或者其他物种基因——例如老鼠——的排序装置。那样我们将看到针对不同人种基因组（如非裔美国人或中国人）的专用排序装置，除此之外，还有极其轻便的排序装置，或者速度极快、可实时排序的装置，让人们知道自己的基因现在是否正遭受污染物损害。第一代商业虚拟现实控制仪提供任何类型的虚拟现实服务，但是随着时间推移，虚拟现实控制仪将发展为专门化版本，配置专用于模拟游戏、军事训练、电影预演或购物的设备。

现在，计算机似乎朝着相反的方向发展——成为前所未有的通用机器，具备越来越多的功能。计算装置和网络设备承担全部工作，并成为操作人员的工具。计算机已经综合了计算器、电子表格、打字机、电影播放器、电报收发装置、电话、对讲机、指南针、六分仪、电视机、收音机、唱机转盘、草案表、混音台、战争游戏、音乐工作

室、铅字铸造车间、飞行模拟器以及其他许多设备的功能。通过观察某人的工作场所就能识别其职位的方法不再适用，因为这些场所如出一辙：一台个人电脑，90%的员工使用相同的工具。这张桌子是首席执行官的，还是会计、设计人员或者前台接待的？这种趋同现象被云计算放大了，借助这种手段，所有员工统一在网上完成实际工作，手边的工具不过是进入工作状态的通道。所有门户都化身为最简单的窗口：某种尺寸的扁平屏幕。

这样的趋同性是暂时的。我们仍然处于电脑时代——说智能时代更合适——的前期阶段。现在我们在任何地方施展个人才智（也可以说，我们在任何地方工作和休闲），就是同时在运用人工智能和集体智慧，全面检查我们的工具，彻底改变我们的预期。我们已经使记账、摄影、金融交易、金属加工、飞机导航以及其他数千种工作实现智能化。我们计划通过电脑自动处理汽车驾驶、医疗诊断和语音识别。在向大规模智能化飞速前进的过程中，我们首先要配置多功能电脑，其中包括批量生产的微处理器、中等尺寸的显示器和网络连接设备。这样所有的日常事务都由同样的工具处理。要让所有工作都实现智能化，也许还需要10年。我们要给锤子、牙刮匙、铲车、听诊器和煎锅注入人工智能，尽管现在听起来很傻。所有这些工具将借助网络的共享智慧获得新的能力。而当新近增添的功能显露无遗时，它们将转变为专门化工具，就像第一代iPhone、Kindle电子书和上网本。当显示屏和电池技术经过追赶与芯片技术同步时，无处不在的智能化人机界面将呈现多样性和专门化。士兵和其他体格强壮的运动健儿想要大尺寸、有外包装的显示器，而经常出行的人需要小尺寸的。游戏玩家希望他们的显示器待机时间最短，读者希望显示器最适合阅读，徒步旅行者希望显示器防水，孩子们希望显示器永远完好无损。作为计算装置或网络设备的一部分，交流工具的专门化程度十分明显。键盘就是其中之一，它不再是唯一的信息输入工具，语言和手势将发挥重要作用。眼镜显示器和用眼球控制的显示屏将带来新的灵活界面。

快速成型技术（一经要求，机器可以大量生产某种物品）的出现，将会使专门化进程跳跃式发展，最终任何工具都可以根据个人要求和愿望进行定制。高度用户化的功能可能会产生只为某个特定任务而组合、任务完成后即分解的装备。过于专门化的人造制品也许只存在一天，就像蜉蝣。市场商机和个人定制的“长尾”<sup>[2]</sup>不仅是信息传播媒介的特征，而且也是科技进化过程自身的特征。

我们可以对今天几乎所有投入使用的发明进行预测，想象它们进化出数十种专门化功能。科技带着通用性出生，成年后就具有了专用性。

### 普遍性

生命领域以及技术元素领域的自我繁殖产生了推动普遍性的内在动力。如果有机会，蒲公英、浣熊或者火蚂蚁将不断繁殖，直至遍布地球。进化赋予了繁殖过程某种技巧，使之在任何约束下都能实现传播范围的最大化。可是因为现实资源有限，而竞争无限，没有物种可以达到完全的普遍分布。然而所有生物都渴望朝那个方向发展。科技，也希望无处不在。

人类是科技的父母。我们大量生产各类制造品，传播理念和文化基因。因为人类数量有限（目前只有60亿人存活），而等待传播的技术种类或文化基因有数千万种，因此很少有发明能够达到100%的分布，尽管有一些接近这个比例。

我们也不希望所有技术都具有普遍性。在人造心脏替代人类心脏的问题上，更可取的是通过改变基因、服用药物或者控制饮食这些手段，减少人造心脏的使用需求。同样，碳封存这种补救技术（从大气中清除碳）理论上绝不会普遍推广。更好的举措是首先推广使用低碳能源，采用光子技术（太阳能）、核聚变技术（核能）、风能和氢气。补救技术的问题在于一旦它们建立了地位，就失去了发展方向。

疫苗在获得普遍成功后，就不再有进一步的发展空间。长期而言，为其他技术开启大门的具有生命亲和力的技术往往最快达到普遍化。

从地球生物圈的视角来看，地球上最具普遍性的技术是农业。高质量农业食品的稳定盈余产生了强有力的可扩展性，因为这种盈余为文明提供保障，并且孕育数百万种技术。农业的传播是地球上最大规模的工程。地球1/3的陆地面貌被人类的大脑和双手改变。本土天然植物被农作物取代，土壤成分发生变化。被深度开垦的陆地有一半经过修整成为牧场。最剧烈的变化——例如特大农场里连绵不绝的土地——在太空就可以看到。以平方公里计算，世界上种植面积最广泛的农作物有5大类：玉米、小麦、稻米、甘蔗和供奶牛食用的牧草。

普遍性列第二位的技术是公路和建筑物。绝大部分是简单空地的土路将它像根一样的触角伸向大多数流域和纵横交错的山谷，直至高山脚下。人们修建的公路网编织起一件镂空的外套，包裹住世界各大洲。一连串建筑物沿着公路的树状分支排开。这些人类创造物的材料是自由采伐的纤维（木材、茅草和竹竿）和塑形泥土（黏土、砖块、石块和水泥）。在各个交通枢纽，矗立着宏伟的用石块或沙土砌成的大都会，这些大型城市改变了物质的流向，致使大量的技术在其中流通。源源不断的食品和未加工的原料流入，废弃物流出。一个居住在发达城市的成年人每年消耗20吨物资。

有一种技术，也许不容易察觉，但在全球范围内更加普遍，这就是火的使用。含碳燃料——特别是煤炭和石油——的受控燃烧改变了地球的大气层。从总量和结果的一致性来看，燃烧装置（沿公路运动的汽车发动机是一种常见形式）无法与公路相提并论。尽管从规模上看，作为运动场所的公路以及作为燃烧场所的住宅和工厂更大，但这些小型的得到控制的燃烧装置可以改变厚厚的地球大气的成分。也许，人类集体使用的燃烧设备虽然占用空间小，但对地球的影响却是最大规模的。

接下来要谈到我们经常接触的物品。在日常生活中，给几乎无处不在的技术列一份清单，其中将包括棉布、铁刀、塑料瓶、纸和无线电信号。这5种技术是现在几乎每个人都可以获得的，不论你是在城市，还是最偏远的乡村。它们都可以产生数量巨大的新机会：纸——廉价书、印刷品和钱；金属刀——艺术、手艺、园艺和屠宰；塑料瓶——烹饪、水和药物；无线电——通信、新闻和团体。紧随这些几乎无处不在的物品的是金属容器、火柴和手机。

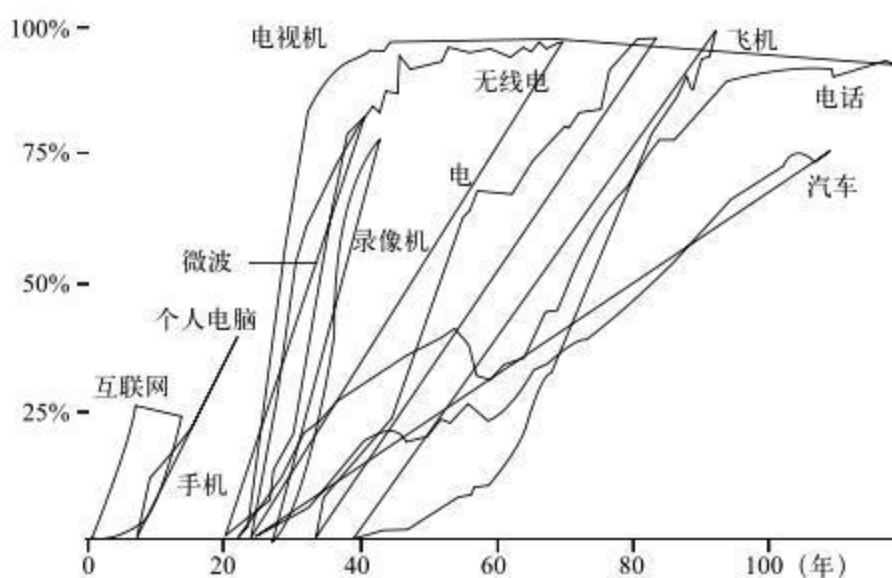


图 13-6 技术的加速应用。美国消费者拥有或采用某项技术的百分比，横轴为从人们发明该技术开始经过的年份数

百分之百的普遍性是所有技术的发展目标，但从未达到过。不过，对一项技术进行切实可行的推广，使其采用率接近饱和状态，这足以释放它的活力，使之提升到新的层次。在各国城市中，新技术正加速传播，向着普遍使用的目标前进。

经过75年的努力，90%的美国居民才享受到电气化的便利，而手机仅用了20年就达到了同样的使用率。传播速度正在加快。

在追求普遍性的过程中，更多的技术出现了差异化，一些新鲜事发生了。几辆汽车在公路上兜风，这种情形从根本上有别于几辆车为大众服务，不只是因为噪声和废气排放量增加。10亿辆使用中的汽车导致了一个自然形成的系统，这个系统可以自我推动。大多数发明都是如此。第一代相机属于新鲜事物，它们的作用主要是剥夺画家记录时代的职责。但是，随着摄影技术愈来愈简单，相机的大众化创造了竞争激烈的新闻摄影行业，最终孵化出电影技术和好莱坞的另类现实世界。相机便宜到每个家庭都有一台，它的推广促进了旅游业、全球化和出国旅行。手机和其他数码产品设置拍照功能，使照片得以广泛共享，于是人们确信事物必须被相机捕捉到才算真实，并且产生这样一种感觉：镜头之外的世界无关紧要。相机被进一步置入人类环境中，在城市各个角落和所有房间的天花板上执行监控功能，提高社会的透明度。最后，人类世界的表面将布满监视器，每一台监视器都会承担眼睛的角色。当照相机具有完全普遍性时，一切事物每时每刻的动态都将被记录下来。我们将拥有共同的意识和记忆。从相机单纯取代绘画开始，到这些由普遍性导致的后果，经历了漫长的过程。

普遍性，一次又一次改变一切。

1000辆汽车让人们拥有了机动性和隐私，为参与冒险提供工具。10亿辆汽车使市郊形成，限制冒险机会，清除人们的狭隘思想，同时也产生停车难、交通拥堵的问题，此外，住宅建设过程中也不再只考虑人的体形大小。

1000只24小时工作的通电摄像头可以防止小偷威胁市区的安定，记录闯红灯者和警察的不正当行为。10亿只24小时工作的通电摄像头可以监控社区，记录社区的点点滴滴，它们使外行能够承担监控工作，让人们重新认识隐私的概念，减少政府的权威性。

1000座交通站有助于假日旅游业的兴旺。10亿座交通站将解决上下班通勤问题，重新勾画全球化蓝图，提出新的宏伟愿景，同时产生

远距离运输晚点的缺陷，消除民族——国家的界线，使人们不再拥有隐私。

1000次人类基因排序将大力推动个性化医疗方案。每小时10亿次基因排序使基因受损的实时监控成为可能，并且还会颠覆制药行业，重新定义疾病，让基因谱系跟上时代潮流，推行“超纯净”生活方式，使器官看上去羸弱不堪。

1000块超大荧屏是好莱坞的生存动力。10亿块随处可见的荧屏将成为新的艺术，创造新型广告媒体，让城市的夜晚焕发激情，加快电脑处理屏幕栅格的速度，激发普通人的活力。

1000台仿人机器人将为奥林匹克运动带去新意，推动娱乐公司的发展。10亿台仿人机器人将极大改变就业结构，在引入新式机器奴隶的同时也会引发抗议，使现有宗教的重要地位岌岌可危。

在进化过程中，每一种技术都要面临同样的问题，如果实现普遍化，如果人人采用，将会产生什么后果？

通常，被普遍采用的技术面对的结局是退出历史舞台。1873年现代电动机发明之后不久，整个制造业都在推广这种设备。每一家工厂都在原来摆放蒸汽发动机的位置安装了一台超大型的价格昂贵的电动机。这台电机驱动一个由轴杆和传送带构成的复杂系统，从而带动遍布工厂的数百个小型机器运转。这股旋转动力从单一来源出发，飞速穿过整个厂房。

20世纪前10年，电动马达不可避免地开始进入家庭。人们改造这些设备，使之服务于家务劳动。它们与蒸汽机不同，不会冒烟，也不会喷气或流水。这个5磅重的“大块头”只会有节奏地发出嗡嗡声。就像工厂的情况一样，这些独挑大梁的“家用电机”被用于驱动家中所有机械设备。1916年美国咸美顿公司（Hamilton Beach）的“家用电机”装有

控制6种速度的变阻器，工作电压为110伏。设计师唐纳德·诺曼（Donald Norman）指出，西尔斯·罗巴克公司产品目录上家用电机的广告价格是每页8.75美元（相当于今天的100美元）。这种轻便的电机将驱动缝纫机转动，也可以将它与搅乳器和搅拌机连接（广告词“你将发现多种用途”），或者连接缓冲装置和研磨机（广告词“对很多家务活十分有用”）。风扇“可以与家用电机快速连接”，还有打蛋器，可以搅拌冰激凌和鸡蛋。



图 13-7 无处不在的电动机。福特发动机公司生产的用于驱动机轴旋转的设备，1915 年

100年后，电机实现了普遍化，并被置于机器内部，从外面看不到。一个家庭不再只有一台家用电机，而是有数十台，每一台都很难看到。电机现在不再作为独立设备，而是成为很多电器不可分割的一部分。它们驱动家电产品，充当这些人造自我的肌肉。它们无处不在。在写作这一部分内容时，我对所处房间里所有内置电机进行了非正式统计：



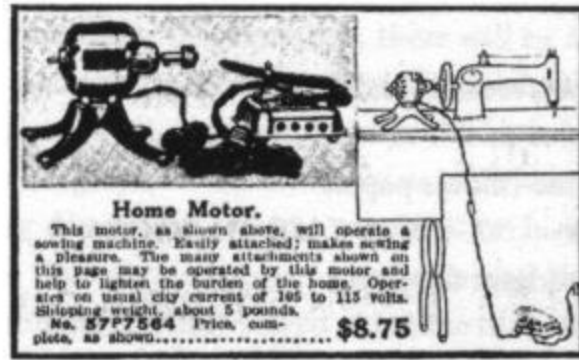


图 13-8 家用电机广告。1918 年发行的杂志上刊载的西尔斯家用电机广告

5块旋转的硬盘。

3台模拟磁带录音机。

3台照相机（去掉变焦镜头）。

1台摄像机。

1块手表。

1只闹钟。

1部打印机。

1台扫描仪（去掉扫描头）。

1台复印机。

1台传真机（去掉纸）。

1台CD播放机。

1台地板辐射供暖系统泵。

这是我家一个房间里的20台家用电机，一座现代工厂或办公楼里有数千台。我们不会想到电机，没有意识到它们的存在，即使我们依赖于它们的运转。它们很少失效，却改变了我们的生活。我们也没有意识到公路和电的存在，因为它们无处不在，通常不会出现故障。我们认为纸和棉布不属于技术，因为它们无处不在，稳定可靠。

除了深嵌性外，普遍性还会产生确定性。新技术的优点总是不明朗。第一代创新技术复杂烦琐、难以使用，是“某种现在还不能完全发挥作用的東西”——这里又重复丹尼·希利斯关于技术的定义。新型的犁、水车、马鞍、灯、电话或汽车只能提供不确定的优点，却会带来确定的麻烦。即使某项发明得到优化，当它首次被引入新地区或新文化时，仍然需要保留旧习惯。新型水磨也许可以减少工作所需的水量，但是还需要不同类型的难以寻觅的磨石，否则将磨出不同质量的面粉。新型犁也许能加快耕种，但需要后撒种子，这样就破坏了古代传统。新型汽车也许可以行驶更远距离，但稳定性降低；也许油耗效率更高，但最大行程缩短，这改变了驾驶和加油方式。新技术的首版几乎总是仅仅略微强于它想要取代的旧技术。这可以解释为什么只有少数热情的先驱倾向于做第一个吃螃蟹的人，因为新技术将带给使用者的主要是麻烦和未知后果。随着创新技术的改进，它的益处和先进程度将被前期用户挑选出来展示给大家，同时不确定性减小，于是这项技术得以传播。这样的推广既不是立刻发生的，也不稳定。

因此，每一种技术的生命周期内都有这样的阶段：因该技术而受益颇多的人和无缘该技术的人并存。有些个人或社会第一个冒险接受未经验证的枪、字母表、电力、激光眼科手术，他们获得的确切收益是循规蹈矩者所无法获得的。这些收益的分配也许取决于财富、特权、幸运的地理位置以及欲望。兴盛期和衰落期的划分最近也是最显而易见的一次展现发生在20世纪末，当时互联网方兴未艾。

互联网发明于20世纪70年代，起初产生的收益极少。它的主要用户就是它的发明者，一小群精通编程语言的专业人士。它的作用就是自我完善的工具。从诞生那一刻起，互联网的建设目的就是为了使这些专业人士谈论互联网理念时有更多实质性内容。同样的，第一批业余无线电爱好者广播的主要内容是关于非专业无线电通信的探讨；早期民用波段无线电台全是关于民用波段的讨论；最早的博客交流的是如何写博客；微博出现的前几年里，用户都在研究如何使用微博。20世纪80年代早期，掌握了网络协议的深奥指令的技术先驱们为了找到有兴趣探讨这种工具的同道中人，移师到处于萌芽状态的互联网上，并告诉他们的书呆子朋友们。可是互联网被其他所有人忽视了，他们认为那不过是少数青春期男孩的业余爱好。互联网的连接费用不低，打字需要耐心和技能，处理难以理解的技术语言需要强烈的意愿，除了执著于此的人，几乎没有其他人在线。它对大多数人都缺乏吸引力。

可是一旦早期使用者修改和完善这种工具，赋予它漂亮的外表和点击式界面（万维网），它的优势就越来越明显，吸引力逐渐增大。当数字技术的巨大收益逐渐浮出水面时，如何解决一部分人无法享受这种收益的问题给人类提出了挑战。这项技术仍然价格高昂，需要个人电脑、电话线、按月交费，但是使用者从网络分享的知识中获得了力量。专业人士和小企业抓住了它的潜力。从全球范围看，这种向世人传播力量的技术的初期用户是具有其他很多相同条件的人群：汽车、和平生活、教育、工作和机会。

作为提升个人素质的工具，互联网的影响力越明显，数字鸿沟就越显而易见。一项社会学研究认为，有“两个美国”并存。一个美国的公民是穷人，无钱购买电脑，而另一个美国的公民是配备了个人电脑的富人，他们是数字技术的受益者。20世纪90年代，当时像我这样的科技拥护者正在推动互联网的发展，我们经常被问到：如何面对数字鸿沟问题？我的答案很简单：顺其自然。我们没有必要做任何事，因

为诸如互联网这样的技术的自然发展历程是一个自我实现的过程。享受不到科技收益的人暂时处于劣势，但是科技力量将会解决这个问题（而且不止于此）。让其余地区连通网络将会产生如此巨大的利益，这些地区也热切盼望加入全球网络，以至于他们为电信建设支付的费用已经超过数字技术发达地区（前提是它们可以获得此类服务）。而且，计算机和网络接入的成本正在逐月下降。当时，美国多数穷人拥有电视机，按月支付有线电视费用。购买电脑并联网的花费不再昂贵，很快就低于电视支出。10年间，全部的必需费用下降到只要100美元就可以购买笔记本电脑。过去10年出生的人一生当中将会见证某种电脑（说具体点，就是带有网络连接器的电脑）只需5美元的时刻。

按照计算机科学家马文·明斯基的说法，这不过是“先有和后有”的问题。技术先行者（早期用户）为几乎无法工作的初期劣质技术版本付出了太多代价。这些先行者购买首批稀奇古怪的新产品，用自有资金为后期用户提供价格更低廉、性能更优良的版本，后者将在不久后获得极其便宜的产品。从本质上说，先行者代替后来者为技术进化提供资金支持。富人提供资金，为穷人研发便宜的技术，这难道不应该吗？

我们看到这种“先有和后有”周期在手机领域表现得更为明显。最早的手机比砖块大，极其昂贵，性能一般。我记得一位很早使用手机的技术员朋友花费2000美元购买一部早期的手机，他外出时，会将手机装在专门定制的手提包里。我不太相信所有人都会为了一个看似更像玩具而不是工具的物品花费这么多钱。当时，很难想象20年内会出现下述情况：这台2000美元的装置将便宜到可以用后即弃，体积小到可装入衬衫衣兜，普及程度高到印度环卫工人也会拥有一台。当连接互联网对加尔各答的街头流浪者而言尚属遥不可及时，科技固有的长期趋势已朝着网络普遍使用的目标前进。事实上，这些“后有”国家的手机普及状况在很多方面优于美国的“先有”系统。于是，手机成为“先

有和马上就有”的例子，在这样的例子中，后期使用者更快地获得了移动电话的理想收益。

对技术最激烈的批评仍然集中在暂时的技术鸿沟上，不过这个脆弱的界线给社会造成了困扰。常见事物和普遍事物之间、后期使用和“全体使用”之间的分界是科技发展的重要起点。当批评者质问我们这些互联网的捍卫者，我们计划怎样解决数字鸿沟问题时，我回答“顺其自然”，然后回击道：“如果你们想要表现自己的忧国忧民，不要担心那些现在还不能上网的人。他们会蜂拥而至，速度比你们想象的还要快。相反，你们应该担心我们如何面对人人都上网的情况。当互联网的60亿用户同时发送电子邮件时，当没有人下线、不分日夜时刻在线时，当一切都实现数字化、不存在线下事物时，当互联网无处不在时，我们应该怎么应对。那将产生值得担忧的预料不到的后果。”

今天，面对DNA排序、卫星导航定位、极为便宜的太阳能电池板、电动汽车甚至营养问题时，我会说同样的话。不要担忧那些没有通过光纤电缆与自己学校的网络连接的人，要担忧人人都这么做时会发生什么情况。我们过于关注那些食物匮乏的人，却忽视了思考人人食物充足的情况。一些鲜有人问津的技术可能表现过它们的主效应，但是除非这些技术渗透到某个文化中，否则次级、三级效应不会显现出来。科技的大部分让我们感到恐慌的意外结果通常后来被普遍接受。

大多数正面事物也是如此。人们认为，在下面这些具有生命亲和力的可扩展技术中，内嵌的普遍性趋势是最常见的：通信、计算、社会化和数字化。它们的后续可能性似乎无穷无尽，可以融入到物质中的计算内容和通信内容似乎是无限的。迄今为止，人类的发明没有一项可以达到我们所说的“足够智能”的程度。从这个意义上说，此类技术的普遍性永远无法满足。它不断地朝着普遍存在这一目标延伸，与其他所有技术一道在通向普遍性的轨道上前进。

## 自由

与其他事物一样，我们的自由意志不是独一无二的。潜意识的自由意志下的选择存在于动物的原始行为模式中。每种动物都有基本需求，它们会作出选择来满足这些需求。可是自由意志甚至先于生命出现。一些理论物理学家——包括弗里曼·戴森（Freeman Dyson）——认为自由意志在原子似的粒子中出现，因此自由选择诞生于大爆炸的高温中，自那以后持续扩展。

戴森提到一个例子：亚原子粒子衰变或改变自旋方向的那一刻应当被视为自由意志控制的行为。这有可能吗？嗯，那种宇宙粒子的其他微观运动绝对是由之前的位置或状态预设的。如果知道粒子在什么位置以及它的能量和运动方向，就可以精确无误地预测下一次运动中它将出现在哪里。这种完全遵循前态预设路径的规律是“物理法则”的基础。然而粒子自发分解为亚微粒子、放射能量是不可预测的，也不是物理法则预先决定的。我们往往把这种衰变为宇宙射线的现象称为“随机”事件。数学家约翰·康威认为，随机数学和决定论逻辑都不能合理解释宇宙粒子的突发衰变或改变自旋方向，他还出示了相关证据。唯一能解释这种现象的数学或逻辑选择只有自由意志。粒子的选择方式与自由意志产生的最细微的量子位何其相似。

理论生物学家斯图尔特·考夫曼认为，这个“自由意志”是宇宙神秘的量子本质的产物，具有这种本质的量子粒子可以同时出现在两个地方，或者同时表现波粒二象性。考夫曼指出，当物理学家向两道并排的极小狭缝发射具有波粒二象性的光子时（这是一项著名实验），光子或者以波的形式或者以粒子的形式通过狭缝，但不能同时以这两种形式通过。光子必须“选择”它要展现的形式。但是这个被多次操作的实验反映出不可思议、颇具说服力的现象，即波粒二象性只是在光子穿过狭缝并在另一端测量到之后才选择表现形式（要么光波要么粒子）。根据考夫曼的解释，原子从未定状态（被称为量子脱散）转变

至既定状态（量子相干）是一种选择，并且是人类大脑的自由意志的来源，因为这样的量子效应出现在所有物质中。

约翰·康威写道：

有些读者也许反对我们使用“自由意志”这样的词汇描述粒子反应的非决定论。我们将自由意志赋予基本粒子的刺激性言论是经过慎重考虑的，因为我们的理论断言，如果实验具有某种自由性，那么粒子也具有完全相同的自由性。是的，我们自然认为后一种自由性是我们的最终解释。

粒子固有的量子选择产生的微粒被生命导致的组织数量的剧增所放大。宇宙粒子自发的“遵从意志的”衰变也许会发生在细胞中，并且很快引发细胞DNA分子的高度有序结构的变异。假设这样的衰变将一个氢原子赶出了胞嘧啶的基地，接着偶然意愿（生物学家用以指代随机变异）可能产生新型蛋白质序列。当然，大多数量子选择只会加快细胞死亡，不过幸运的是，变异将赋予整个有机体生存优势。由于有利属性被DNA系统保留并利用，因此自由意志的正面效应可以累积起来。受到意志控制的宇宙射线还会导致神经元突触放电，将新信号（意识）引入神经系统和脑细胞中，其中一些信号随机地推动有机体完成各种任务。这些细微的被动“选择”也被复杂的进化体系捕捉、保留和放大。粒子的自由意志产生的变异相互融合，在数十亿年里使有机体进化出更多感觉器官、更多分支和更多自由度。与往常一样，这是良性的自放大循环。

随着进化过程的深入，“可选择性”也在增加。细菌有几个选择——也许移居到食物上，也许自我分解。浮游生物更加复杂，细胞机体更健全，选择也更多。海星可以挥舞它的胳膊，摆脱敌手或与之搏斗，选择猎物或伙伴。老鼠一生中有100万个选择，它拥有更多可运动的部位（胡须、眼球、眼睑、尾巴、脚趾）和更广泛的展示意志的环境，生命也更长久。更高的复杂性增加了潜在选择的数量。

一个大脑自然是选择工厂，不断创造新的选择。“有更多选择，就有更多机会，”哈佛大学科技哲学家伊曼纽尔·梅塞纳（Emmanuel Mesthene）断言，“机会越多，自由就越多；自由越多，我们的人性就越丰富。”

制造廉价的、普遍存在的人造大脑的一个重要影响是给人类创造的环境注入更高层次的自由意志。当然，我们已经给机器人安装了大脑，但是我们还会给汽车、座椅、门、鞋子和书本添加简单的自主选择智能装置。这样的举措将扩大有自由选择能力的事物的范围，即使这些选择只是粒子级的。

有自由选择的地方就有错误。在我们将无生命物质从世代死气沉沉的枷锁中解放出来、赋予它们选择能力的同时，也给予了它们犯错误的自由。我们可以认为人工智能的每一次新进展都为错误的产生提供新途径，诱使它们做傻事、犯错误。换句话说，科技教会我们如何制造过去不能制造的新型错误。事实上，问问我们自己，人类如何制造全新的错误，这也许是发现新的选择机会和自由的最好衡量标准。为人类基因组排序势必产生新型错误，因此表明我们达到了自由意志的新层次。改造地球气候的行为可能也会引发新的错误，但随之而来的将是新的选择。通过手机和网线实现普遍的实时连接将展现自由选择的新影响力，但这样的举措同时也具有难以置信的犯错可能性。

所有的发明拓宽了可能事物的范围，从而增加了产生选择的因素。而同样重要的是，技术元素创造了可以展现无意识的自由意志的新机制。无论何时发送电子邮件，数据服务器上看不见的复杂程序决定了邮件以最短延迟时间和最大速度沿着全球网络快速传送的路径。量子选择也许与这些选择无关。确切地说，影响它们的是10亿个相互作用的决定性因素。因为很难阐明这些因素，所以那些选择实际上是网络的自由意志的决定，互联网每天都要出现数十亿个这样的决定。



基于模糊逻辑的电子设备产生真实的选择。它们的微芯片大脑会权衡相互冲突的因素，然后模糊逻辑电路以一种非确定性方式决定何时关闭干燥器或者把米饭加热到什么温度。很多类型的自适应复杂仪器——例如驾驶波音747的由计算机控制的高端自动驾驶仪——产生了人类和其他生物不具备的新能力，扩展了自由意志的范围。麻省理工学院的一台试验机器人可以运用自己的脑和手抓取网球，比人类的脑手组合反应速度快几千倍。当这台机器人决定将手放在什么位置后，它的移动速度如此之快，以至于我们的眼睛无法捕捉到它的动作。在这里，自由意志提升到新的速度等级。

当你在谷歌搜索引擎中输入关键字时，它搜索1万亿份网页后才选择（“选择”这个词用在这里正合适）它认为你想要的网页。没有人可以列出地球上全部物质。这样，搜索引擎赋予自由意志超越人类能力的广度。过去，我们的机器在我们刚想到某种可能性时就将其转化为现实，现在它们无须等待我们的指引就可以这么做。

在未来世界，自动停车的高科技汽车作出的自由意志选择将会像现在我们停车时的选择那样多。科技将在高于今天的层面上实践不同程度的自由意志。

技术元素首先扩展可行选择的范围，接着扩展选择主体的范围。新技术影响力越大，它展现的新自由就越多。倍增的选择与倍增的自由紧密联系，世界上具备大量经济选择、通信资源以及教育机会的国家往往在自由的可获取性上也排名较高。但是这样的扩展也包括可能出现的偏离。使用每一项新技术都意味着可能产生新错误。技术元素的发展在很多方面增加了选择的自由。

## 共生性

这个地球上超过半数的生物是寄生生物。也就是说，它们生命中至少有一个阶段需要依靠其他生物生存。同时，生物学家相信每种生

物体（包括寄生生物本身）至少是一种寄生生物的宿主。这使得自然界成为共生的温床。

寄生现象只是广泛的共生统一体的一个方面。这个统一体的一端是任何生物都依靠其他生物（直接依靠父母、间接依靠非血缘生物）的事实，另一端是两种完全不同的生物互惠共生，例如藻类和真菌，它们共同构成地衣。在两端之间的是多种多样的寄生状态，其中一些对宿主完全无害，还有一些（例如蚂蚁和合欢树丛）情形中，寄生物能够帮助宿主。

逐渐加强的共生现象有三个方面贯穿整个进化过程——或者称为共同进化过程。

1.当生命进化时，各种生物间依赖性越来越强。最古老的细菌从无生命的岩石、水和火山灰中竭力汲取维持生命所需物质。它们接触的只是无生命物质。后来，出现更复杂的微生物，例如大肠杆菌，一生都在人的肠内度过，被我们的生命细胞包围，进食我们下咽的食物。它们只接触生命物质。随着时间的流逝，生物的栖息环境向有生命的系统转化。整个动物王国就是这种趋势的典型例子。如果可以从其他生物那里偷取食物，何必费劲从各种元素中自制食物呢？从这个意义上说，动物比植物更具共生性。

2.当生命进化时，自然界为物种之间产生依赖性创造了越来越多的机会。每一种成功地为自己建立生态位的有机体也为其他物种（所有潜在的寄生物种）提供潜在的生态位。我们以高山草场为例，蜜蜂作为区域内新增物种，长期为番红花授粉，从而丰富了草场的共生状态。新物种的出现增加了所有草场生物之间可能的关系。

3.生命进化时，同一物种的成员相互合作的机会增加了。蚁穴或蜂巢这样的超级有机体是物种内部合作和共生的极端例子。有机体之

间更深入的社交是进化过程的防倒退棘轮。一旦产生社会性，就很难再消除。

人类生活体现了上述三种共生现象。首先，我们的生存显然依赖于其他生物。我们以植物和其他动物为食。其次，地球上没有其他物种像人类一样利用生物的多样性和数量来维持健康和繁荣。最后，我们是高度社会化的动物，需要同一物种的其他成员支持自己，从他们那里学习如何生存，保持神智健全。因此我们具有深刻的共生性，寄生在其他生物内部。技术元素进一步加深了这三种共生状态。

今天的大多数机器从来不会接触泥土、水或空气。我现在用一台个人电脑敲出这些文字，在这台电脑中心跳动的微芯片心脏与古人所说的这些要素 [\[3\]](#) 隔离，被其他人造制品完全包围起来。这种微型人造品依靠巨型涡轮发电机产生的能量（晴朗的日子里由屋顶的太阳能电池板供电）运转，向其他机器（我的电影播放显示器）输出内容。如果幸运，它报废后会转化为宝贵的要素，被其他机器吸收利用。

大量的机器零件从未与人手接触。它们由机器人制造并装入各种设备（例如汽车水泵的轴承），这些设备再组合成更大型的科技产品。不久之前，我和儿子拆开一部老式CD播放机。我确信，当激光器保护罩被打开时，我们成为首批看到内部错综复杂的零件的非机械生物，而在那之前只有机器接触过。

技术元素正在不断加强人类和机器的共生性。这是令人战栗的好莱坞科幻大片的主题，但在现实生活中它也表现于100万个细微之处。很明显我们正在创造与网络和谷歌式技术共有的记忆。当谷歌（以及某个后来者）能够理解普通的口头提问并被置入我们的服装中时，我们将迅速吸收这种工具，使之成为思维的一部分。我们将依赖它，它也会依赖我们——都是为了继续存在，不断提高智能水平，因为使用这种技术的人越多，它的智能化程度就越高。

有人认为与技术共生的状态是可怕的，甚至很恐怖，其实它与我们在长除法运算中使用纸和铅笔没有多少不同。对大多数普通人而言，没有其他技术的帮助，计算多位数除法是不可能的。我们的大脑可没有与计算机连接，无法仅凭自己的力量完成这样的运算。我们利用书写技术和算术技巧除、乘或以其他形式处理大数或多位数。我们可以凭借脑力做这些事情，但方法必须是想象自己在一张大脑虚构的纸上写出要计算的问题。我妻子伴随着珠算长大。算盘是有着4000年历史的模拟计算器，一种比使用铅笔更快的计算工具。当周围没有算盘时，她还会做相同的事：用手指模拟算盘珠运动，以此得出结果。不知何故，完全依赖科技产品进行加减法运算不会让我们害怕，但完全依赖网络来记忆有时会令我们恐惧。

技术元素也在推动机器之间的共生关系。世界远程通信业务的主体不是人与人之间的信息流动，而是发生在机器之间。全球非太阳能——也就是说以人类发明的技术方法产生的并在技术元素的管道和电线中流通的能量——接近75%用于搬运、安放和保养我们的机器。大多数卡车、火车和飞机不是运人，而是运货。大多数加热和冷却装置不是服务于人类，而是为了物品的养护。技术元素只消耗其能量的1/4来满足人类的安居、饱食和出行需求；余下的能量由科技创造，为科技所用。

在深化技术元素和我们的共生关系方面，我们才刚刚起步。要驾驭这种互利共存关系——例如使用纸和笔，需要接受教育。以共生性为方向的外熵趋势最容易察觉的方面是技术元素对人类社会性的强化。我想简述这种趋势，因为它已迫在眉睫。未来10~20年，技术元素的社会化将是它的一个主要特性，也是人类文明的重大事件。

人与人之间联系的加深是一个自然过程。人类群体开始时仅是共享观念、工具和创造物，接着发展到协作配合，最后是集体主义。合作的成分逐步增加。

今天，网民的分享意愿难以置信地强烈。上传到脸谱网和聚友网的个人照片数量达到天文数字。毫无疑问，用数码相机拍摄的照片中绝大部分以某种方式在网上共享。维基百科是合作性共生技术的另一个明显例子，而且不只维基百科，维客主义整体就是这样。目前还有145种维客引擎在为无数网站提供动力，允许用户合作编写材料。那样，人们会在网上进行内容更新、使用地图定位以及发表观点半成品。此外，仅美国每月就有60亿段视频在YouTube上共享，同人网站积累了数百万部同人小说。共享性质的组织还在不断增加：发表评论上Yelp网，定位找Loopt，书签站点有Delicious。

共享成为更高层次的新型社会关系——合作——的基础。当人们共同为实现一个大的目标而工作时，这样的努力导致集体层面合作的出现。Flickr的业余爱好者不仅分享该网站的超过30亿张照片，而且一起为这些照片分类，贴上标签和关键字。网络社区里还有人将照片整理成册。“创意共享”空间通行证大受欢迎表明，通过共享——如果不是彻底共有的话，你的照片成为我的照片。任何人都可以使用其中的照片，正如巴黎公社的支持者可以使用公社的独轮手推车。我不必另外拍摄埃菲尔铁塔的照片，因为社区可以提供比我自己的摄影水平更高的照片。

进化将共生现象引入生物界，因为它可以实现双赢，使个体和集体都获得收益。今天，数字技术在几个层面上发生了相同的事情。首先，脸谱和Flickr这些网站的社交媒介工具为用户带来直接收益，允许他们通过各自的途径给自己的资料添加标签和书签，进行分级和归档。他们花时间将照片分类，这样更容易找到老照片。这是个人层面的收益。其次，其他用户从某人的标签和书签等工具中受益。一个人的努力使其他人利用他的照片时更得心应手。从这个意义上看，整个集体与个体同时受益。借助更加先进的技术，集体努力可以产生附加值。例如，同一旅游景点从不同角度由不同游客拍摄的带标签快照能

够组合为展现原拍摄地的令人惊讶的三维图片。个人绝不会费时费力去制作这样的图片。

为共享型新闻网站工作的严肃的业余创作者奉献的价值远远高于他们作为个人能够得到的回报，可是他们仍然坚持奉献，部分原因是这些合作组织所具有的文化动力。奉献者个人的影响力超出了单张选票的价值，而社区的集体影响力与奉献者数量完全不成比例。这就是社会组织的完整意义——总体大于局部之和。这是科技培育的自发性力量。

新增创新技术可以推动点对点式合作发展为一种经过深思熟虑的合作关系。让我们观察数百项开源软件工程中的任意一项，例如维基百科。在这些尝试中，经过精心调制的共有工具产生高质量产品，其动力来自数千名甚至数万名成员的协同工作。一项研究表明，每年有6万人为Fedora Linux 9软件的发行而倾注精力。全世界目前总共大约有46万人为43万（令人吃惊的数字）个开源项目工作。这几乎是通用汽车公司员工的2倍，但没有任何管理层。合作技术卓有成效，尽管很多合作者从未谋面，各自居住的国家也可能相距甚远。

技术元素向共生性的发展推动我们去追逐一个古老的梦想：在最大限度发挥个人自主性的同时使集体的能力最大化。有谁相信贫苦农民可以从居住在地球另一边的陌生人那里获得100美元贷款——事后还会偿还？Kiva就做这样的事情，这是个采用共生技术的互助贷款服务网站。每一位公共保健专家都自信地宣称，共享行为对照片适合，但就医疗保健而言，没人愿意共享自己的医疗记录。可是PatientsLikeMe这个网站证明，集体行动比医生和隐私保护心理更有效，在这个网站上，患者收集治疗结果，以便改进自己的治疗方法。人们越来越习惯分享彼此的观点（推特）、阅读的书籍（StumbleUpon）、财务状况（Wesabe）和一切（互联网），这样的习惯正成为技术元素的基础。

协同工作不是新鲜事物，不过以前很难在集体层面实现。合作也不是今日才有，但过去想要实现数百万人规模的合作并不容易。共享行为虽然与人类历史一样古老，但陌生人之间的共享难以维持。不断加强的共生性从生物领域到技术元素领域的延伸表明，更加深入的社会性和共生性将会出现。现在我们正借助科技的力量，跨越各大陆来共同编辑百科全书、创建新媒介和视频库、开发新软件。我们能够以同样的方式建造桥梁、大学和特许城市吗？

20世纪每天都会有人问，自由市场做不到的事情有哪些？我们曾经遇到一长串似乎需要理性计划或强制管理才能解决的问题，但实际的解决之道却是市场逻辑令人吃惊的强大创新。大多数情况下，市场解决方案的效果要好得多。最近几十年很大一部分财富被活跃的市场力量吸收，投入到技术元素的发展中。

现在我们正在对自发形成的共生技术尝试同样的策略，运用这些策略满足人们不断增加的愿望——偶尔用来处理自由市场不能解决的问题，观察它们是否有效。我们问自己，科技共生性有哪些事情做不到？迄今为止，结果令人惊讶。几乎每一次世纪之交，社会化力量——共享、合作、协调、开放性和透明性——的实际作用都被证明比人们想象的还要大。每次我们尝试运用共生性力量，就会发现它比我们想象的还要强大。每次我们彻底改造某件发明，就会提高它的共生性。

## 美感

大部分进化过的事物都具有美感，最美丽的事物就是进化程度最高的。今天的每一种生命有机体都从40亿年进化历程中受益，因此，从球状硅藻到水母再到美洲虎，所有生物都展现出我们称为美感的深层次特性。这就是自然界的组织和物质吸引我们的原因，也是合成具有同等光彩的生命如此之难的原因。（人类的面部美属于完全不同的现象，一个人的脸越符合理想的普通人脸，对我们的吸引力越大。）

生物的复杂发展史赋予了它迷人的外表，无论从多近的距离观察，它都经得起审视。

我有一些朋友在好莱坞从事特技效果制作，为《阿凡达》和《星球大战》系列这样的电影提供栩栩如生的虚拟生物，他们表达了同样的观点。开始他们按照物理法则设计虚拟生物，后来根据不同进化阶段的形态予以美化。2009年电影《星际迷航》中冰冻星球上的怪兽曾被设计为白色（虚构的进化形态），但是在成为白雪皑皑的世界里顶级的捕食者之后，它不再需要保护色，于是部分身体转变为鲜红色，以展现它的统治地位。在电影拍摄过程中，设计者曾经给同样的生物设计了数千双眼睛，这些器官虽然没有在屏幕上表现出来，但它们塑造了它的形态和行为。看到屏幕上的怪兽，我们已经“认同”这种幻想的进化过程的结果，视之为真实的、具有美感的。有时导演甚至调整虚拟生物的设计人员，从而避免产生雷同形态，让观众感觉更深刻、更有层次、进化程度更高。

这些创造世界的男巫师们以相同的方式制作美妙的人造品。他们利用greeble之类的软件绘制不同的图层，在一个框架上添加反映现实事物的令人信服的外壳，或者增添复杂的表面细节，营造虚构的历史情境。在近期的一部电影中，为了构筑一座使人印象深刻的城市，他们在底特律用数码相机拍摄破旧的建筑物照片，然后根据对历史上大灾难和城市重建的回忆在这些废墟周围加上现代建筑。细节的辨识度固然重要，但展现历史意义的虚拟层更重要。

真实的城市展现出相同的进化之美的本色。纵观历史，人类认为新城市都是丑陋的。曾经有数年的时间人们不断逃离年轻的拉斯韦加斯。很多世纪以前，新建的伦敦城被认为是外表可憎的怪物。在若干代人的时间里，伦敦每个城区每天都要为居民提供服务，接受他们的检验。能够使用的公园和街道被保留下来，无法使用的被拆除。建筑物的高度、广场的面积和屋檐的倾斜度都经过改造以满足当时的需



要。但不是所有缺陷都被去除，也不能完全去除，因为一座城市有很多方面——例如街道宽度——不能够轻易改变。因此，城市问题的解决措施和辅助设施逐代增加，提高了城市的复杂性。在大多数现实城市，例如伦敦、罗马或上海，最窄最短的巷道被政府征用作为公共空间，最狭小的角落成为商店，最潮湿的桥洞住满了人。几个世纪以来，持续的填充、无休止的替换、重建和复杂化——也就是进化——创造了极其令人满意的美感。最著名的美景胜地（威尼斯、京都、伊斯法罕）是那些展现相互交错的悠久历史年代的城市。这些城市的每一处角落都承载了漫长的历史，像一幅全息图一样嵌入其中，每当我们散步经过，就会感觉它展现在眼前。

进化不仅仅包含复杂化这一个方面。两把剪刀中，一把可能经过千锤百炼，具有高度的美感，而另一把则没有。二者都需要两块展开的金属片在中心处连接。但是在那把经过长期改进的剪刀上面，两片锻造而成并被打磨的刀刃外形体现了数千年裁剪积累下来的知识。金属刀刃的细微扭曲蕴涵了这种知识。虽然我们的大脑因为缺乏专业知识而无法理解其中奥妙，但我们认为这样古老的知识是一种美。它展示的不仅是流畅的线条，更多的是经验的连续性。具有吸引力的剪刀、漂亮的锤子和外观雅致的汽车在形态上都传承了前代制作者的智慧。

进化之美对我们施加了魔咒。按照心理学家埃里希·弗洛姆（Erich Fromm）和著名生物学家E·O·威尔逊（E. O. Wilson）的观点，人类天性热爱生命，发自内心地对生物产生兴趣。这种基因自带的对生命和生命过程的偏爱培养了我们自然的亲近感，确保人类繁衍生息。我们乐于探索自然的秘密。我们的祖先在森林里度过了漫长岁月，寻找梦寐以求的药草，追踪稀有的绿蛙，享受极乐生活。关于这一点，可以向任何一位渔猎采集者了解他们的野外生活。我们热衷于发现每种生物所能提供的用处，学习有机体传授的丰富知识。这种爱依然充满我们的细胞，它解释了我们在城市饲养宠物、栽种植物的原因，也说

明了为什么当超市里的食物更加便宜时我们仍然种植瓜果蔬菜，为什么我们喜欢在大树下静坐。

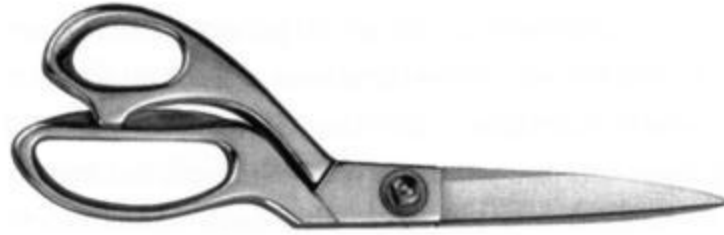


图 13-9 符合人体工程学的剪刀。一把放在桌上用于裁剪的经过长期改进的裁缝剪刀

但我们同样具有技术崇拜的心理，即一种对科技的迷恋。人类借助自己创造的工具实现从智人向现代智人的转变，就本性而言，我们天生就有创造物品的喜好，部分原因是我们本身就是被创造出来的。另一部分原因是：每一种技术都是我们的孩子，所以我们热爱所有的孩子们。我们热爱科技，至少有时候如此。承认这件事让我们感到尴尬。

工匠们总是热爱他们的工具，按照惯例制造出工具，保护它们免受外行人的毁坏。它们是高度私密的物品。当技术发展到个人之手无法完全掌控时，机器成为共同的选择。到了工业时代，普通人在很多场合接触到比曾经见过的任何自然组织还要庞大的复杂技术设备，于是他们开始拜倒在这些设备的脚下。1900年，历史学家亨利·亚当斯（Henry Adams）多次前往在巴黎举办的世界博览会。他常去大厅参观在橱窗里展示的令人惊叹的新型发电机和发动机。他以第三人称的形式叙述了自己受到的启示：

（对亚当斯而言）发电机成为无穷尽的象征。当他渐渐适应机器排列的宏伟长廊后，开始感觉40英尺高的发电机是一种包含寓意的力量，很像早期天主教徒对十字架的感觉。与地球本身每年或每日按部

就班的传统运转方式相比，这个巨大的轮子给人的印象更加深刻，它以令人眩晕的速度在长度与胳膊相当的空间里旋转，仅仅发出低沉的声音，不会惊醒与电机框架距离很近的沉睡的婴儿，只是偶尔响起能够听见的嗡嗡的警报声，告诉大家它为了不流失电能而承担了极细微的多余压力。在博览会结束之前，已经有人开始向它祷告。

将近70年之后，加利福尼亚作家琼·狄迪恩（Joan Didion）前往胡佛大坝朝圣，她的文集《白色相册》（The White Album）讲述了这段旅程。她也感觉到了发电机的心跳。

自从1967年的那个下午我第一次看见胡佛大坝之后，它的影像从未完全离开我的内眼<sup>[4]</sup>。当我在某地——例如洛杉矶或纽约——与某人交谈时，这座大坝会突然完整地浮现在脑海里，它那距离我数百或者数千公里的保持完好的凹面闪烁着白光，与崎岖不平的红石峡谷呈现的铁锈色、灰褐色和淡紫色形成对比。

.....当我重游大坝时，我与开垦局的一位仁兄一起穿过大坝。我们几乎没有遇见其他人。升降台在我们头顶运动，似乎遵从自己的意愿。发电机在轰鸣，变压器发出嗡嗡声，我们站立的铁栅在脚下颤动，100吨重的钢管向下插入水中。最后我们来到水边，从米德湖中抽出的水咆哮着分别流过30英尺高的水闸、13英尺高的水闸，最终进入涡轮机组。“摸摸它”，开垦局的人说，我照着做了，很长时间我就站立不动，手放在涡轮机上。这是奇妙的时刻，一切含义尽显无遗。

.....我穿过大理石铺成的星座图，开垦局的人告诉我，这张图绘出了两侧昼夜等分点的转轴，而且永远不变，随时等待所有能够看懂星座图和大坝落成日期的人。他说，这张星座图预示了何时人类都将消失而大坝将保留下来。在他介绍的时候我没有细细琢磨，但过了一会儿，我开始品味他的话语，此时风儿哀鸣，太阳落至山后，只留下一抹余晖悬于半空。以上无疑就是我常常想到的景象，但我未能深刻

认识到其中的意义：发电机最终将脱离人的控制，完全与世隔离，在这样的状态下铸就它的辉煌——向无人存在的世界输水输电。

当然，大坝不仅引起敬畏和赞赏，而且让人心生恐惧和反感。高耸的大坝使目标坚定的鲑鱼和其他产卵鱼类的洄游受阻，而且造成洪水淹没家园。在技术元素领域，厌恶和敬畏常常结伴而行。我们对待最大的科技造物，就像对待让我们既反感又敬畏的人一样，它们激起了我们最深切的爱与恨。另一方面，没有人曾经被红杉搭建的教堂厌恶过。在现实中，没有大坝——即使是胡佛大坝——将永远矗立在星空下，因为河流有自己的愿望，它们在大坝的楔形面后面堆积泥沙，这样河水最终将漫过大坝。可是在这个人类劳动的结晶耸立的时候，它赢得了我们的敬畏。我们可能认为发电机将永远转动，就像我们感觉自己的心脏必定永远跳动一样。

对人造品的情热涉及面广泛。几乎每一件人类制造的事物都有崇拜者。汽车、枪、饼干桶、钓竿卷盘、餐具，随便举例。时钟“令人惊奇的精密度、勤奋和实用性”得到一些人的喜爱。对另一些人来说，吊桥或者像SR71和V2这样的高速飞行器所具有的美感是人造品的最高峰。

麻省理工学院社会学家谢里·特尔克把单人推崇的特殊技术种类称为“唤起情感的事物”。这些技术元素的片段是图腾，成为帮助爱好者自我定位、回忆或思考的跳板。医生也许热爱自己的听诊器以及证章和工具；作家也许珍爱某支特定的笔，认为它均匀分布的重量推动文字自动涌出；调度员可能中意他的非专业无线电设备，渴望它来之不易的细微差别成为只为他敞开的通向其他王国的魔法门；程序员也许因为计算机的根目录操作代码具有本质的逻辑之美而一见倾心。特尔克说：“我们的思维与我们喜爱的事物同步，而我们所喜爱的就是与我们思维同步的事物。”她推测，大多数人都以某种技术作为自己的思维标准。

我是这些人当中的一个。承认喜欢互联网——或者万维网——不再让我感到难堪。不论你怎么评价我们在网上的家园，我认为它具有美感。人们热爱家乡，愿意为保卫它而牺牲，正如人类悲惨的战争史证明的那样。我们第一次与互联网/万维网遭遇时，将它描述为分布非常广泛的电子发电机——人们用来接收信息的装置。它的确是。可是当互联网日渐成熟时，它更像是我们的科技家园。这是一个没有路标、几乎未开化的地带，在这里也许会真正迷失自我。有时我走进网络世界，就是为了让自已迷失。在那种令人愉快的松懈状态中，我所有的确定知识都淹没在网络的汪洋中，换来的是未知信息。尽管它的创造者在设计过程中融入自己的意图，但它仍然是一块未开垦的荒地。它的边界尚不知晓，也不可能知晓，它的秘密数不胜数。由交织在一起的观念、链接、文档和图片组成的带刺灌木丛产生了像密林一样丰富的差异性。网络散发着生活的味道。它的知识如此渊博，它悄悄地将链接的卷须伸入一切事物，一切地方。现在的网络涵盖的范围远非我所能比拟，远远超出我的想象。这样，当我遨游于其中时，也因为它而得到扩展。离开它后，我感觉身体某个部位被切除了。

我发现自己从网络中受益颇多。它是意志坚定的行善者，总是在奉献。我用激动不安的手指抚摸它，它被我的欲望支配，就像情人。想要了解神秘知识？这里有。预测未来？这里有。前往隐秘去处的地图？这里有。它很少出现不能尽如人意的情况，更神奇的是，它似乎每天都在进步。我想永远淹没在它无止境的丰饶中，停留，沉浸于它梦幻般的拥抱里。臣服于网络如同经历原始的徒步旅行，被不合逻辑但令人舒心的美梦所牵引。在做梦时，你从一张网页、一种观点跳跃至其他网页和观点。这个时刻，你在网上看到一块墓地，人们在坚硬的石头上雕刻一辆汽车；下一时刻，有人站在黑板前面用粉笔写新闻；接着你被一名哭泣的婴儿牢牢吸引，接下来一位头戴面纱的妇女发表长篇演讲，论述忏悔的美德，再接下来是慢动作播放城市高楼的顶部被炸成上千块碎片的情景。今早我在网上冲浪，前几分钟里经历了所有上述梦幻时刻。网络带来的白日梦触及了我的梦想，激荡我的

心扉。如果可以发自内心地喜爱一只不能引导你前往陌生人住所的猫咪，为什么不能热爱网络呢？

我们的技术崇拜受到技术元素的内在美驱使。无可否认，这种美过去被掩盖了，当时它尚处于初级发展阶段，不是很赏心悦目。与自然母体相比，工业化给人的印象是肮脏、丑陋和愚笨。那个阶段的技术元素有很大一部分仍然伴随着我们，展示它的丑陋。我不知道，这种丑陋是否是技术元素成长所必需的阶段，或者更智慧的文明是否能够更快地度过这个阶段，但是科技的运行轨迹——现在已经加速延伸——源自生命的进化，这意味着技术元素保留了生命进化所有的内在美，等待人们发现。

科技不希望只有功利色彩。它希望成为艺术，美丽而“无用”。既然科技天生就具有实用性，那么要成为艺术，将是漫长的过程。实用技术老化时，往往会转向娱乐用途。想想帆船、开放式敞篷车、钢笔和壁炉。当灯泡价格极其低廉时，谁会想到还有人使用蜡烛呢？而使用蜡烛现在是典型的富人的无用之举。今天一些最常用的技术未来将成为美丽的无用之物。也许100年后人们携带“电话”，仅仅是因为他们喜欢携带物品，即使他们可能通过身上佩戴的某物品与网络连接。

将来我们会发现自己更容易爱上科技。机器进化过程中的每一步都能赢得我们的心。不论是否喜欢，机器动物（首先从宠物的层次开始）将让我们产生感情，这已经发生在仿生性能最弱的机器动物身上了。互联网显示了人们有可能产生的热情。与很多爱情故事一样，人网之恋从热恋和痴迷开始。全球互联网近乎有机的相互依存和自然形成的感知力赋予它野性，而这股野性抓住了我们的感情。我们被它的美丽深深吸引，它的美丽来自进化。

人类最先进的技术很快就会将模仿者甩在身后，它将创造显而易见的非人类智能、机器人和非地球生命。所有这些造物将释放出经过进化的魅力，令我们惊叹不已。

当这样的前景真的到来时，我们将会发现承认对科技的迷恋不再像以前那么难。此外，数以千万计的新型人造品的加速出现将为技术元素增添更多附属层，赋予现有技术更深厚的历史底蕴，增加嵌入式知识的层次。随着科技的发展，从总体上看，它的美感将逐年提高。我相信，在不太遥远的未来，技术元素某些部分的华丽程度将与自然界的壮丽媲美。我们将狂热地赞美这种或那种技术的魅力和它令人赞叹的精细。我们会拖儿带女追寻科技，坐在它的巨塔之下静思。

## 感知能力

岩蚁个头极小，即便对蚂蚁来说也太小了。单只岩蚁与本页的一个逗号大小相当。它们的巢穴也极小。一窝岩蚁数量大约是100只工蚁加1只蚁后，通常在碎裂的岩块之间的罅隙里筑巢，这就是它们俗名的由来。它们整个社群可以塞入手表的玻璃罩内，或者放于两块直径一英寸的显微镜片盖之间，研究人员在实验室通常就是用这样的容器来培育它们。岩蚁大脑中的神经元数量不超过10万个，太过微小，以至于无法看见。但是岩蚁的大脑具有令人吃惊的强大计算能力。为了评估新筑巢点的可能性，岩蚁会在完全黑暗的情况下测量这个场所的尺寸，然后计算——这个词正合适——它的体积，以评估其吸引力。岩蚁几千万年使用的数学技巧是人类直到1733年才发现的。岩蚁可以估算某个空间的体积，甚至包括不规则的空间，方法是：释放气味，留下一条穿过地面的踪迹，“记录”踪迹线长度，接着再次穿过地面，留下带气味的斜线，同样记录长度，并记下与前一条线交叉的次数。面积的计算是两线长度相乘后再乘以相交点次数的倒数。换句话说，岩蚁采用斜线交叉计算求出了 $\pi$ 的近似值，现在这种方法在数学上被称为布丰投针法。岩蚁通过身体测量备选蚁穴的净空高度，然后“乘以”之前计算的面积，得出该洞穴的近似体积。

这些不可思议的小蚂蚁会做的事情还不止于此。它们统计入口宽度和数量，测量光照强度、与邻近蚁穴的距离，评估洞穴的干净程

度。然后它们记下所有这些数据，并计算备选巢穴的吸引力得分，其过程与计算机科学中的“加权积分”这一模糊逻辑公式相似。这一切都是10万个神经元完成的。

动物的大脑像军团一样发挥集体作用，即使相当愚笨者也能有惊人之举。亚洲象可以扯下树枝作为甩鞭，赶走附着在身体后半部分的讨厌的苍蝇。人们已经知道生活在水边的啮齿类动物海狸在开始建造大坝之前会囤积建筑材料，因此它们表现出制订未来计划的能力。当人类试图阻止它们建坝以防农田被毁时，它们甚至可以巧妙地欺骗人类。松鼠是另一种具有思考能力的啮齿类动物，它们不断凭智慧战胜那些非常聪明的大学毕业的郊区居民，控制了他们后院里的鸟食罐（我自己一直在与家里饲养的黑松鼠爱因斯坦战斗）。肯尼亚的向蜜鸟引诱人们寻找野生蜂巢，这样在人们取走蜂蜜后，它们可以在残余的蜂窝里大快朵颐。根据鸟类学家的观察，如果到森林深处的蜂巢路程超过两公里，有时向蜜鸟为了不让取蜜人泄气，会在实际距离的问题上“欺骗”他们。

植物也具有分布式智能。正如生物学家安东尼·特瓦斯（Anthony Trewavas）在他引人注目的论文《植物智能的各个方面》（Aspects of Plant Intelligence）中论述的那样，植物展示了缓慢解决问题的能力，这种能力符合我们对动物智能的多数定义。它们极为精细地感知周边环境，评估威胁和竞争，然后采取行动，要么适应现状，要么解决问题，而且它们能预测未来状态。有人用延时摄影技术快速播放葡萄藤蔓的运动，以研究它的生存环境，结果表明植物在行为上与动物的接近程度要高于人类所能观察到的。查尔斯·达尔文也许是第一个发现这种现象的人。他在1822年写道：“认为根尖的作用与某种低等动物的大脑相似，不能算夸大其词。”与敏感的手指一样，植物的根抚摸泥土，探寻水分和养分，很像食草动物用鼻子挖土。叶子追寻太阳以获取最佳光照的能力（向日性）可以复制到机器上，但必须以极其先进的计算机芯片作为大脑，才能实现这样的复制。植物不用大脑思考，它们



通过一个庞大的网络转换分子信号而不是电子神经信号，达到传输和处理信息的目的。

植物展现了智能的所有特征，除了两点：没有集中式大脑，动作缓慢。分布式思维和慢速思维实际上在自然界非常普遍，出现于6个生物王国的多个层面。黏液菌群能够在迷宫中选择最短路径获取食物，和老鼠很像。动物免疫系统的主要功能是将非本体物质和本体物质分离，它会保留过去遇到的外部抗原的记忆。它按照达尔文学说描述的过程进行学习，某种意义上也会预测抗原的未来变化。整个动物王国中，集体智慧以数百种方式表现出来，包括著名的社会性昆虫的蜂群思维。

信息的控制、储存和处理是生命的一个中心主题。在进化史上，知识一次又一次地爆发，似乎是一股等待释放的力量。超凡智能——我们认为猿类具有的人格化智慧——不仅是灵长类动物的进化产物，而且至少还在其他两种无关联的生物身上表现出来：鲸类和鸟类。

高智商海豚的故事广为人知。海豚和鲸类不仅展现出智慧，而且偶尔还显露出它们具有与人类——无毛发的猿类——相同的智慧模式。例如，人们知道被驯化的海豚会训练刚被捉住的海豚。可是猿类、鲸类和海豚年代最近的共同祖先出现在2.5亿年前。在猿类和海豚之间是很多不具备多样化思维的动物科。我们只能推测这种智慧模式是独立进化的。

鸟类的情况同样如此。以智商来衡量，乌鸦、渡鸦和鹦鹉是鸟类中的“灵长类”。相对来说，它们的前脑与非人猿类的前脑大小相当，脑重与体重的比例也和猿类相同。与灵长类相似，乌鸦寿命很长，在复杂的社群里生活。新喀里多尼亚乌鸦像黑猩猩那样制作小鱼叉在岩石裂缝中钓蛆。有时它们保存制作好的鱼叉，携带着四处活动。在以丛鸦为对象的实验中，研究人员发现，如果丛鸦第一次藏匿食物时被其他鸟类看见，它们会寻找新的藏匿点，不过这种情况出现的前提是

这些丛鸦曾经被劫掠过。自然学家戴维·夸曼认为，乌鸦和渡鸦行事如此聪明、如此古怪，它们的评估者应该“不是鸟类学家，而是精神病学家”。

这样，超凡智能独立进化了三次：带翅膀的鸟类、回归大海的哺乳动物和灵长类。

超凡智能仍然是罕见的。可是无论在哪里，高智商都是一种竞争优势。我们发现智能的重现和改造是普遍现象，因为在生物界，知识能够产生重大影响。思维在6个生物王国中前前后后进化了很多次。实际上，次数如此之多，以至于思维似乎是必然要出现的。然而，尽管大自然已经对思维表现出非同寻常的喜好，技术元素还是更胜一筹——它有目的地制造思维。我们创造出来用于辅助人脑的所有发明——很多存储设备、信号处理器、信息流通渠道以及分布式通信网络——也是创造新思维必需的要素。因此技术元素以非同寻常的规模大量生产新思维。科技需要感知。

技术元素对越来越强大的感知能力的渴望以3种方式显现出来：

- 1.意识尽可能普遍地渗透到物质中。
- 2.外熵持续产生更加复杂的智能类型。
- 3.感知能力通过多样化转变为尽可能多的思维类型。

技术元素准备操纵物质，重组它的内部结构，为其注入感知力。生成或插入思维似乎是必然的。这些新生的大脑开始时体积细小、傻头傻脑并且沉默不语，但它们会不断成长壮大。2009年，世界上有10亿个用硅材料蚀刻而成的电子“大脑”。很多这样的微型大脑单个就包含10亿支晶体管，全球半导体行业的生产速度为每秒300亿支晶体管！最小的硅脑至少有10万支晶体管，与岩蚁的脑神经元数量相同。它们

也能够取得惊人的成就。只有蚂蚁大脑一般大小的微型合成脑知道它们在地球上的地理位置以及如何回到你的住所（GPS）；它们记得你朋友的名字，能够翻译外语。这些缺乏生命力的大脑正在全面渗透我们的生活：鞋、门铃、书、灯、宠物、床、衣服、汽车、电灯开关、厨房电器，还有玩具。如果技术元素继续行使它的统治权，某些层次的感知能力将融入到它创造的一切事物中。最小的螺栓或塑料按钮包含的决策系统将和蠕虫的一样复杂，由毫无生气提升到生机勃勃。与自然界的数十亿个大脑不同，这些科技之脑中最优秀的（总体而言）每年都会变得更加聪明。

我们对这种技术元素领域发生的思维大爆炸视而不见，因为人类对任何与我们不完全相同的智慧存在沙文主义心态。除非人造大脑确实像人脑一样工作，否则我们不会认为它是智能的。有时我们会对它不屑一顾，称之为“机器学习”。于是，一方面我们予以忽视，另一方面，几十亿个微型的、像昆虫一样的人造大脑大量涌现，深深扎根于技术元素，低调地承担着看不见的琐碎工作，例如审查信用卡欺诈行为、过滤垃圾邮件或者从文档中读取文本。这些数量不断增长的微型大脑执行电话语音识别功能，在重大医疗诊断中提供支持，帮助分析股票市场，驱动模糊逻辑控制的电器，引导汽车的自动换挡系统和车间。少数处于试验阶段的人造大脑甚至可以自动驾驶汽车行驶100英里。

技术元素的未来首先似乎表现为体积更大的脑。但是更大型的计算机不一定更聪明、更具感知能力。即使生物大脑的智能性的确更加出色，它与脑细胞数量也只是弱相关。本质上，动物“计算机”的大小不一。蚂蚁大脑是个小点，重量只有1克的1/100；抹香鲸的大脑重8千克，比蚂蚁的大10万倍。仅从脑细胞数量的参数考虑的话，鲸鱼应该比蚂蚁聪明10万倍，而人类的智商只有黑猩猩的3倍，但没有证据证明这样的论断。我们的大脑能产生无穷的创意，大小却只有抹香鲸大脑的1/6。它甚至略小于普通的尼安德特人的脑。另外，近期在弗洛雷斯

岛发现的矮人化石显示他们的脑只有我们的1/3大，但他们也许一点也不比我们笨。脑的绝对尺寸和智商的关联度并不明显。

人类自己的大脑结构暗示人工智能的未来也许在于一种新型的尺寸。直到最近，传统观念还认为，具备大型中央处理器的专门化超级计算机将首先成为人工智能的载体，在那之后也许我们会拥有家用袖珍型超级计算机，或者将它们安装到个人机器人的脑袋里。它们是有界限的实体。我们将会知道，哪些问题是该操心的，哪些问题可以留给它们去解决。

然而，过去10年间像谷歌这样的搜索引擎的滚雪球式成功表明，未来的人工智能极有可能不是被限制在单独的超级计算机，而是诞生于由10亿台中央处理器组成的被称为网络的超级有机体。它将在全球超大型计算机上运行，这个系统包含互联网及其全部服务设施、所有外围芯片和附属设备——从扫描仪到卫星以及被卷入这个全球网络的数十亿个人脑。任何接触这种网络人工智能的设备都将分享它的智慧，并且为它添砖加瓦。

这台巨大的机器今天已经以一种初级的形态存在于世界上。想想全球所有联网电脑组成的虚拟超级计算机。有10亿台在线个人计算机，这个数字大约等于一台计算机上一块英特尔芯片包含的晶体管数量。所有互联计算机里面的所有晶体管累计达到约10万万亿（ $10^{17}$ ）支。在很多方面，这个全球虚拟网络的运转有如非常巨大的计算机，其运行速度接近早期个人电脑的时钟频率。

这台超级计算机每秒处理300万封电子邮件，意味着网络电子邮件以3兆赫的频率传输。即时通信的速度为162千赫，手机短信为30千赫。任意一秒内，可能有10万亿比特信息通过超级计算机的主干线。每年它产生的数据量接近20艾字节。

这台全球计算机包含的不只是笔记本电脑。今天它还包括将近27亿部手机、13亿部固定电话、2700万台数据服务器和8000万台无线掌上电脑。每一台设备都是全球计算机的显示器，只是外形不同。它打开了10亿扇窗户，对外展示它正在思考的问题。

整个网络大概有1万亿网页。人类大脑约有1000亿个神经元，每一个生物神经元与其他数千个神经元产生突触连接，而每一个网页平均链接60个网页。这样网络固定网页之间总共形成了数以万亿计的“突触”。人类大脑的突触连接数量是网络的100倍——但是人脑不会每隔几年尺寸翻倍。而全球机器正是如此。

谁来编写软件使这台机器发挥作用并且多产？我们每个人，每一天。当我们在相册社区网站Flickr上传照片并添加说明时，我们是在训练机器给每张照片命名。说明和图片之间越来越密集的连接组成了能够学习的神经网络。想象一下每天人们点击某网页1000亿次，以这样一种方式告诉网络我们认为什么信息是重要的。每次我们在词汇之间构建链接，就是在向网络传输一种观念。我们认为在网上无目的地漫游或者就某一话题撰写博客只是在浪费时间，但每次我们点击一条链接，就会强化超级计算机大脑的某处节点，这样就起到了通过使用机器来为它编程的作用。

不论这种大规模感知能力的本质是什么，人类起初甚至不会认为它就是智能。它的高度普遍性将掩盖它的本质。我们利用它不断增长的智能完成各种日常工作，例如数据挖掘、档案储存、模拟、预测以及模式匹配，可是因为这种智能来自坐在令人乏味的无窗仓库里的程序员编写然后传播至全球的枯燥的代码行，并且缺少统一的躯干，所以它面目不清。人们可以通过100万种方式获得分布式智能，例如借助地球上任何地方的数字显示器，因而很难说它到底位于何处。而且因为这种人工智能结合了人类智能（它包含历史上一切人类知识，还集中了当前所有网民的智慧）和数字存储技术，要明确它的定义并非易

事。它是人类的记忆，还是一致同意的协议？我们在搜索它，还是它在搜索我们？

未来某天我们也许会遭遇其他星系的智慧生命。可是在那个时刻到来之前，我们将在自己的世界制造数百万个新型大脑。这是进化朝着提高感知能力的方向发展的长期轨迹的三部曲。首先，将智能慢慢注入一切物质。接着，整合所有嵌入式人造大脑。最后，提高思维的多样性。可能出现的智能类型也许会像甲虫的种类一样多，也就是说非常多。

我们有100万零1种理由创造100万零1种不同的人工智能。专门化智能将执行专门化任务，其他人工智能将是通用智能，以不同于我们的方式完成常见工作。为什么这么说？因为差异带来进步。我推测人类不会批量生产与人脑非常相似的人造大脑类型。唯一切实可行的再造人脑的方法是采用有机组织和细胞，可是既然人类繁育后代如此容易，为什么还要自寻烦恼去制造新型大脑呢？

有些问题需要通过多种思维解决，我们的任务是发现新的思维方法，释放这种存在于宇宙中的智能多样性。全球性问题需要某种全球性思维，由几万亿活跃节点组成的复杂网络需要网络智能，日常机械操作需要非人力所及的计算精度。既然就概率计算而言人脑的思考能力如此低下，那么开发擅长统计学的智能设备的确将使我们受益。

我们需要各种各样的思维工具。独立的离网人工智能设备发挥的作用小于具有蜂群思维的超级计算机。将一台智能设备与60亿人脑、数十万万亿个在线晶体管、数百艾字节的现实生活数据和整个人类文明的自校正反馈环相连，与这样的机器相比，离网设备的学习速度慢、范围窄，也不够智能。不过仍然有消费者为了拥有在偏远地区的移动性或者出于私人原因而购买独立的智能设备，承受智能程度较差的代价。

现在我们对机器存在偏见，因为迄今为止我们见到的所有机器都是单调乏味的。随着它们感知能力的提高，情况将会发生变化。但是我们将会发现，不是所有类型的人造大脑都具有同样的吸引力。正如我们发现自然界某些生物比其他生物更具魅力一样，某些人造大脑将会具有超凡能力（有助于提升我们的思维方式），而另一些没有。事实上，很多最强大的智能类型的相异本质也许会排斥我们。例如，记住一切事物的能力也许会令我们恐惧。

科技想要的就是不断提高感知能力。这并不意味着进化将引领我们朝唯一的方向——宇宙超级大脑——迈进。相反，随着时间的流逝，技术元素往往会借助自组织过程衍生出尽可能多的思维类型。

外熵的主要推动作用是揭示智慧的丰富多样性。每一种思维方式，不论它扩展到多大程度，能够理解的事物都是有限的。宇宙如此庞大，秘密如此之多，需要一切可能的思维形式去探索。技术元素的职责就是发明100万或者10亿种理解方式。

这并不像听起来那么神秘。思维是高度进化的工具，用以组织那些构成现实的信息流。当我们谈到用思维去理解时，指的就是这个含义。它产生秩序。在外熵推动历史、自组织性的物质和能量实现更高层次的复杂性和可能性的过程中，思维是迄今为止速度最快、效率最高、探索性最强的创造秩序的技术。现在我们的星球拥有植物的模糊思维、动物低等思维的多种表现形式和无止境的人类思维的自觉意识。广义上说，就在1秒钟前，人类大脑开始产生1秒钟的感知能力。我们将自己的创造力嵌入到世界上最强大的力量——科技，并尝试克隆它的技巧。这些新近发明的人造大脑多数比植物更加聪明，小部分具备了昆虫的智商，还有几种显示出更加深远的思维前景。技术元素始终在组装像大脑一样的网络，规模之大已超出了人类个体的能力范围。

技术元素轨迹的延伸方向是100万个被极少物质包裹的新大脑，它们表现出100万种新思维方式，与人类自己的复杂思维一起被纳入全球性思维中，这一全球性思维正在努力理解自我。

## 结构

现代智人用了数百万年时间从猿类祖先进化而来。在转变为人的过程中，我们的DNA有几百万比特发生变异。因此人类的生物进化的自然速度——就信息积累而言，大约是每年1个比特。现在，经过近40亿年逐个比特的生物进化后，我们发展了新的进化模式，这种模式源源不断地产生变异，依靠的是语言、文字、印刷术和工具，即我们所称的科技。与作为猿类时每年1比特的变异相比，我们一年内为技术元素添加的新信息为400艾，因此人类的科技进化速度是DNA进化速度的10亿个10亿倍。作为现代人类，我们在不到1秒的时间内处理的信息量等于我们的DNA用10亿年处理的信息量。

我们以如此快的速度积累信息，以至于信息成为这个星球上数量增长最快的事物。过去80年来，美国邮政系统发送的邮件数量每20年翻一番。自摄影技术于19世纪50年代发明以来，照片（信息非常密集的平台）的数量呈现指数级增长。过去100年间每日电话时长总数同样按照指数级曲线增加。没有任何一类信息在减少。

根据我和谷歌经济学家哈尔·瓦里安（Hal Varian）的计算，数十年来全世界信息总量的年增长率为66%。将这种爆炸式增长与最常用的制造品——例如水泥和纸——进行比较，后者近几十年的年均增长率只有7%。信息的增长率是地球上任何其他制造品的10倍以上，甚至比同等规模的生物增长率还快。

从1900年至今，科学知识的数量——用发表的科学论文总数来衡量——几乎每15年翻一倍。如果只是统计杂志发行数，我们发现自18世纪以来它们的数量呈指数级增长。我们制造的一切产品都会产生一



个名目和关于该名目的信息。即使有些制造品的启用以信息为基础，它也会产生更多的关于自身信息的信息。长期趋势很简单：源于某过程的信息和关于该过程的信息比过程本身增长更快。因此，信息将继续保持比我们创造的其他任何事物更快的增长速度。

技术元素本质上是依靠信息和知识爆炸式积累的系统。与此相似，有机体也是将它们身上流通的生物信息组织起来的系统。我们可以认为技术元素的进化将深化自然进化创建的信息结构。

这种结构深化最明显的领域就是科学。科学的建立既不是为了提高“真实性”，也不是为了增加信息总量，尽管其本身的修辞中包含了这样的含义。人们创建科学的初衷是为了提高认知世界的条理性和系统性。科学创造“工具”——技术和方法，这些工具对信息加以处理，使之能够以有序的方式被人们检验、比较、记录、调用，以及与其他知识相联系。“真理”实际上是一种标准，用以评估特定事实在多大程度上被作为基础使用，并实现扩展和相互关联。

现在我们不经意间就会说出1492年“美洲被发现”，或者1856年“大猩猩被发现”，或者1796年“疫苗被发现”。可是在疫苗、大猩猩和美洲被“发现”之前，人们对它们并不是一无所知。原住民在哥伦布到达美洲之前已经在那里生活了1万年，他们对这块大陆的考察远胜于任何欧洲人能够达到的水平。某些西非部落与大猩猩以及其他很多有待“发现”的灵长类动物关系亲密。欧洲的奶农和非洲的养牛人很早就清楚从同类疾病中提取抗原进行接种的预防效果，只是没有命名。同样我们可以质疑图书馆的某些知识价值——药草知识、传统经验和心灵感悟，它们由受过教育的人“发现”，可是在那之前，原住民和普通百姓早已知道这些知识。这些所谓的“发现”似乎反映出霸权色彩和傲慢心态——通常的确如此。不过，我们能够用一种合理方式宣称哥伦布发现了美洲、法裔美国探险家保罗·杜·沙伊鲁（Paul du Chaillu）发现了大猩猩、爱德华·詹纳（Edward Jenner）发现了疫苗。他们将之前当地

人已了解的知识添加到不断扩大的全球结构性知识库中，这就是他们的“发现”。今天我们把结构性知识的积累称为科学。在杜·沙伊鲁去加蓬探险之前，关于大猩猩的知识仅限于当地传播；本土部落从自然界获得的大量灵长类动物知识没有融入到科学整体中，而这个整体已对其他动物有所认识。关于“大猩猩”的信息停留在结构性知识圈的外部。事实上，大猩猩曾被科学界视为与大脚兽类似的虚构的动物，只有未受过教育、容易被骗的本地人才看到过，这种错误直到动物学家接触了保罗·杜·沙伊鲁带回的大猩猩样本才得以纠正。杜·沙伊鲁的“发现”实际上是科学的发现。被杀死动物身上保留的贫乏的解剖学信息正适合动物学的审查体系。一旦它们的存在被“确定”，关于大猩猩行为和自然发展史的重要信息就草草了之。同样，本地农民对接种牛痘如何预防天花的了解仍然是本地知识，没有与当时被视为医学的知识体系联系起来，因此这种医疗方法依然保持封闭。詹纳“发现”接种效果后，学习当地知识，并运用医学理论和所有与传染病和细菌有关的科学知识解释这种效果。他对疫苗的“发现”还没有达到他与疫苗这一名目实现“链接”的程度。美洲的情况相同。哥伦布的偶遇使美洲出现在世界地图上，与已知世界的其他地区连成一片。它自身的固有知识躯干也与缓慢积累的已知知识的统一躯干相融合。哥伦布使两块知识大陆结合为不断扩展的一致性结构。

是科学吸收当地知识而不是相反，原因在于科学是我们为了连接信息而发明的工具。它的创建目的是将新知识整合到旧知识的网络中。如果新见解包含太多与现有知识不相符的“事实”，那么新知识就会受到排斥，直到那些事实能够得到解释，它才会被接纳。（这是托马斯·库恩的科学范式转换理论的过度简化。）新理论不必解释所有的意料之外的细节（也很少这样做），但必须在一定程度上满足既定规律。每一个猜想、假定和观察数据都必须经受审查、检测、怀疑和证明。

统一的知识由复制、打印、邮政网络、图书馆、索引、目录、引用、制作标签、交叉参考、参考文献、关键字搜索、注解、同行评议和超链接这些技巧构建而成。每一种认知技术的发明都会扩大已证实事实的网络，将不同知识片段连接起来。因此知识是一种网络现象，其中每一个事实都是一个节点。我们谈到知识增长时，不仅指事实数量的增加，而且（更多地）指的是事实之间关系的数量和强度的提高。赐予知识力量的是关联性。我们对大猩猩的了解越深入，并且如果将大猩猩的行为与其他灵长类动物进行比较、对照和校正，或者将二者联系起来，这样的了解就能够发挥越大的作用。当人们把大猩猩的解剖结构与其他动物的结构相联系，当它们的进化过程被融入到生命之树，当它们的生态状况对其他同步进化的动物产生影响，当它们的存在被多种类型的观察者注意到，知识结构将得以扩展，直到大猩猩学说的被编入数千个相互交错并且自我检验的学科领域的百科全书中。这场启蒙运动的各个部分不仅增加了大猩猩研究领域的事实，而且提高了编织人类知识的整块布料的强度。这些联系所具有的力量就是我们所说的真理。

今天仍然存在很多互不连通的知识群落。原住民部落在长期与自然环境亲密接触中获得了独有的传统知识财富，这些知识很难（如果不是完全不可能的话）脱离他们的本土环境。在他们的体系内，这些轮廓鲜明的知识具有紧密结构，但与我们知道的其他知识隔离。萨满教的大量知识面临这样的问题。目前科学根本无法接受他们的宗教知识并编入现代知识的一致性结构中，因此他们的真理保持“未发现”状态。某些边缘科学，例如超感觉认知学，继续维持边缘地位，因为它们的研究结果尽管在其自身体系中合乎逻辑，但不适合范围更大的现有知识模式。不过这种信息结构迟早会产生更多事实。更重要的是，知识实现结构化所采用的方法本身就在进化和重组。

知识的进化始于相对简单的信息组织。最简单的组织就是事实的起源。事实上，事实是被发明出来的。发明者不是科学，而是16世纪

的欧洲法律体系。在法庭上，律师必须提供一致认可的观察资料作为证据，之后不允许改换。科学采纳了这种有价值的创新。长期以来，可以用于为知识排序的新方法数量在增加。将新信息和旧知识联系起来的复杂工具就是我们所说的科学。

科学方法不是一个统一的“方法”。它是很多经过几个世纪进化（并且继续进化）的技巧和过程的集合。每种方法是一小步，联合起来逐渐提高人类社会知识的统一性。科学方法中具有开创性意义的若干发明包括：

公元前280年 带索引的编目图书馆（位于亚历山大城），搜索文献资料的方法。

1403年 合作编辑的百科全书，多人收集知识。

1590年 受控实验，弗朗西斯·培根采用，在实验中修改单个变量。

1665年 必要重复，罗伯特·玻意耳的理念，实验结果必须重复检验，确保真实性。

1752年 同行评议参考期刊，提高共享知识的确定性和合法性。

1885年 不带成见的随机化设计，减少人们偏见的方法，随机性是一种新型信息。

1934年 可证伪的可测性，卡尔·波普提出的概念，任何有效实验应当存在某种它可能无法通过的可测方法。

1937年 受控的对照实验，对实验加以改进，目的是消除操作者的倾向性知识产生的影响。

1946年 计算机模拟，创建理论、生成数据的新方法。

1952年 双盲实验，进一步改进实验，消除实验者自身知识产生的影响。

1974年 元分析，对指定领域此前的所有分析进行再分析。

这些具有历史意义的创新共同创造了现代科研体系。（我会忽略其他人对上述方法优先权的主张，因为确切的日期对我的目的没有影响。）今天，典型的科学发现将依赖事实和可证伪的假设，接受可重复的受控实验的检验，也许还有对照实验和双盲控制；研究报告将在同行评议期刊上发表，列入收录了相关报告的图书馆的检索范围。

科学方法与科学本身类似，是逐步积累起来的组织。新的科学仪器和工具产生了组织信息的新方法。最新的方法建立在早期技巧的基础上。技术元素不断增加事实之间的联系和理念之间的复杂关系。正如前面的短期时间表显示的那样，我们现在所认为的科学方法中有很多关键性创新出现的时间相对较晚。例如，经典的双盲实验直到20世纪50年代才出现，在这样的实验中，实验对象和实验者都不清楚将遇到什么情况。对照实验的实际应用是在20世纪30年代才开始的。很难想象如果没有这些方法，今天的科学会是什么样。

这些发明时间较晚的现象使人们对下一年会有哪些“必要”的科学方法问世产生了兴趣。科学的本质仍然在不断变动，技术元素将很快发现新的学习方法。考虑到知识加速积累、信息爆炸和科技进步速度，科学过程的本质未来50年的变化将大于过去400年的变化。（一些可能出现的新生事物：掺杂的负面后果、计算机论证、三盲实验、维基期刊。）

在科学自我改进过程中发挥核心作用的是科技。新工具可以产生新的研究方法和不同的组织信息的方法，我们称之为组织知识。借助

科技创新手段，我们的知识结构不断进化。科学的任务是发现新事物，科学的进化是以新的方式组织发现的成果，甚至我们的研究工具本身如何组织也是一种知识。现在，随着通信和计算机技术的发展，我们掌握了新的学习工具。技术元素轨迹的推动作用将更加深入地组织我们制造的如潮水般涌来的信息和工具，扩展人类创造的世界的结构。

## 可进化性

自然界的进化为自适应系统——这里指的是生命——寻找新的生存方式提供了途径。生命进化出大小不同的细胞、圆形和长条形躯干、慢速和快速新陈代谢、无足和有翼外形。大多数形态存在时间不长。但是在漫长的岁月中，生命系统选定了非常稳定的形态——例如球状细胞或DNA染色体，这些形态成为尝试更多创新的稳定平台。进化寻找可以维持寻找游戏的形态。从这个意义上说，进化想要进化。

进化之进化？听起来像故弄玄虚。乍看之下，这个观点似乎又尖锐又鲁钝（自相矛盾），或者是同义反复（不必要的重复）。可是如果仔细审视，“进化之进化”的同义反复程度不比像“网络的网络”这样的用语更甚，而后者即是互联网的含义。

生命40亿年不断进化，因为它发现了提高自身可进化性的方法。开始，生命可能存在的空间非常小，变化的可能性有限。例如，早期细菌可以使它们的基因变异，改变基因组的长度，而且不同细菌能相互交换基因。经过数十亿年的进化，细胞仍然可以变异和交换基因，此外还能够复制整个分子（犹如昆虫复制自己的体节），管理自己的基因组，断开或连接被选中的基因。当生命进化到有性繁殖时，细胞基因组的完整基因“单词”可以按照混合搭配的方法重组，与通过逐个改变基因“字母”的方法相比，前者取得进步的速度要快很多。

在生命的初始阶段，自然选择针对的是分子，接下来是分子群，最后是细胞和细胞群。最终，进化过程从某个生物群落中选择有机体，支持最适应环境者。这样，在生物的长期发展历程中，进化的焦点向着上方更复杂的结构移动。换句话说，长期以来，进化过程成为在多个层面发挥作用的多种不同力量的混合体。通过缓慢积累技巧，进化系统掌握了多样化的适应和创造手段。想象移动拼图游戏可以变换游戏区域！谁能跟上它的步伐？这样，进化始终在自我积累，一次又一次不停地改造自己。

不过，上面的论述没有充分说明这种趋势的完整力量。是的，生命获得了更多适应手段，但真正改变的是它的可进化性，也就是创造变化的倾向性和灵活性。可以将这样的特性视为可变化性。进化的总体过程不仅在发展，而且还进化出更丰富的进化能力，或者说更强大的可进化性。获得可进化性很像在电子游戏中开启一扇门，发现了另一个层次的完整世界，这个世界复杂得多，速度快得多，充满意料之外的力量。

自然有机体——例如鸡——提供了机制，使它的基因可以繁殖更多基因。从基因的利己主义角度来看，这些基因可以繁育的有机体（鸡）数量越多，它们的自我繁殖性越强。我们也可以认为生态系统是进化自我传播和成长的载体。没有多样化的有机体的蓬勃发展，进化就不可能提高可进化性。因此进化产生了复杂性和多样性，创造了数以百万计的生物，为它自己提供物质和空间，从而进化为更强大的进化者。

如果我们将每一种生物视为“生物如何在这样的环境中存活”这一问题的答案，那么进化就是得出具体答案的以物质和能量表现的公式。我们可以说，进化是搜寻生命之答案的方法，这个方法就是不断地尝试各种可能性，直到发现合适的形态。

进化在它的第一个40亿年里为了发现生命的答案创造了很多技巧，在所有这些技巧中，思维是无与伦比的。感知能力——不仅是人类的感知能力——赋予生命一种大大加快学习和适应速度的方法。我们不应对此感到惊讶，因为思维的产生是为了寻找答案。一个关键性的等待回答的问题是：如何为了生存而更好更快地学习。如果思维有益于学习和适应，那么学会如何学习将加快你的学习步伐。因此生命感知能力的存在极大地提高了它的可进化性。

可进化性的最新扩展动力是科技。科技反映了人类思维怎样探索可能性的范围、改变寻找答案的方法。科技在过去100年对地球的改变不亚于生命在几十亿年间产生的效果，这几乎已经是陈词滥调。

当我们审视科技时，看到的通常是管线和闪烁的灯光。但以长期视角来看，科技只是进化的深入进化。技术元素是一股40亿年连续不断的力量，追求更多的进化能力。技术元素发现了宇宙中未曾有过的事物，例如球轴承、无线电、激光，这些是有机体进化绝不可能发明的。同样，技术元素找到了全新的进化途径，这是生物无法掌握的方法。正如生物进化产生的结果那样，科技进化借助它的繁殖力进化出更多形态，并且范围更广，速度更快。作为“利己主义者”，技术元素创造了数百万种器具、技术、产品和装置，以获取足够的物质和空间，不断提升进化能力。

进化之进化是变化的二次方。现在人们有一种直观的感受，即科技变化如此之快，以至于我们不能想象30年后将会怎样，更别说100年后。技术元素有时可能让人感觉是不确定性的黑洞，其实人类早已经历过若干次类似的进化转型期。

第一次是语言的发明，我前面已经提到过。语言使人类进化的重任从基因遗传（其他大多数生物在进化过程中学习的唯一技能）转变到其他方向。我们的语言和文化也能够传承我们的全部生物知识。第二次发明是文字，它使理念轻松跨越地区和时代，广为传播，从而改



变了人类的学习速度。答案可以记录在经久耐用的纸上传播。这极大地加快了人类的进化。

第三次转型动力是科学，更确切地说，是科学方法的结构。这是能够产生更多发明的发明。科学方法不依靠随机发现、随机失误或者试错法，而是系统地研究万物、创造新理念。它使发现过程的速度提高了1000倍，甚至100万倍。科学方法的进化推动了我们现在享有的社会进步的指数级增长。毫无疑问，科学揭示了可能性——以及发现它们的新方法，这些是生物或文化进化不可能单独实现的。

同时，技术元素也使人类的生物进化加速。城市人口日益密集，提高了疾病传播的可能性，加快了我们的生物适应性的产生。现代人数目可观，流动性很高，因此选择配偶的范围远大于过去。新型食物也加快了人体的进化。例如，一旦人类成功实现食草动物的圈养，那么成人吸收牛奶的能力就会提高，并且很快传播到其他地区。今天，根据对人类DNA变异的研究，我们的基因进化速度比农业社会之前的时代快100倍。

就在过去数十年间，科学还发展出其他的进化形式。我们正在深入改造自己，以调节体内的控制旋钮，搅乱身体的源代码，包括形成大脑、产生思维的代码。基因重组、基因工程和基因疗法使我们的思维得以直接控制基因，终结了达尔文式进化保持了40亿年的霸权。现在，人类谱系掌握的值得传承的特性是有可能被继承的。技术元素将从进化缓慢的DNA所建立的专制下彻底解放。这种新型共生进化的结果影响深远，我们只有默默接受。

一直以来每次科技创新都会给技术元素带来新机会，使它以新方法发生变化。科技造成的每一种新问题也为新型解决方案和发现这些方案的新途径提供机会，这就是一种文化进化。技术元素在扩展过程中，促使首先出现的生命进化过程加速，现在开始发展进化理念本

身。进化之进化不仅是世界上最强大的力量，它是宇宙中最强大的力量。

这些宽广的洪流——不断增加的机会、自发性、复杂性、多样性等——回答了科技将去往何方。预测第二天科技的新动向，虽然时间跨度小得多，却是不可能的。过滤商业的随机噪声难度太大。推测历史趋势反而更加容易——某些情况下需要追溯到数十亿年前，观察它们如何贯穿今天的科技。这些趋势反映了具有倾向性的精巧技术朝着某个方向缓慢发展的过程，这一方向可能用一年的时间也无法辨明。

这些趋势运动缓慢，是因为它们并非由人类行为所推动，而是由科技系统的纷繁复杂导致的偏向。它们的动力就像月球引力，那是一股微弱、持续且不易察觉的拉力，最终能够引发海洋的潮汐运动。在若干代人的时间里，这些趋势克服了人类的愚蠢、狂热和投资偏好造成的噪声干扰，推拉着科技沿着不可改变的特定方向前进。

我们不是在描绘一组延伸至预定未来的曲线，而是指出这些爆炸式发展的科技趋势目前的方向。太空正在膨胀，从各个方向远离我们，扩展宇宙的范围。与这种趋势相似的是，成长中的科技力量像鼓胀的球一样为它们的扩张开辟天地。技术元素是信息、组织、复杂性、多样性、感知力、美感和结构的爆发，它在扩张的同时也在改变自己。

这种令人振奋的自我加速类似于神话中的咬尾蛇乌洛波洛斯咬住自己的尾巴，进行一次彻底的自我改造。它充满悖论，以及希望。的确，扩展中的技术元素——它的宏观轨迹、它的持续再创新、它的必然性以及它的自繁殖功能，是一个开放性的起点，是一场召唤我们投身于其中的无限博弈。

---

[1] 印尼的一种民族管弦乐器。——译者注

[2] 长尾理论是网络时代兴起的一种新理论，它认为几乎任何以前看似需求极低的产品，只要有人卖，都会有人买。这些需求和销量不高的产品所占据的共同市场份额，可以和主流产品的市场份额相当，甚至更大。——译者注

[3] 旧时认为土、水、火和空气是构成一切物质的四大要素。——译者注

[4] 内眼，大脑最基本的部分，位于大脑中央，对外界信息进行初级处理后传送至更高级的部位。——译者注

## 第十四章 无限博弈

### 专家导读

静心回想凯文·凯利在本书篇首提出的困惑：“科技想要什么？”

一方面，我们已经被科技所包围，我们感受到科技无处不在、威力巨大，享有科技带来的种种舒适、便捷、惬意，惊叹于科技的伟大与神奇；另一方面，似乎科技的脾气又桀骜不驯、难以驾驭，生态、环境、恐怖的力量，无一不与科技相关联。

作为自然的第七王国，科技已经深深嵌入到植物界、生物界，嵌入到了日常生活中，并获得了完全自主的能力。它要把人类带向何方？科技的尽头是什么？

在凯文·凯利看来，科技的价值并非仅仅是其蕴涵的“功能”，也就是说，并非仅仅是工具那么简单。

作为一种具备生命特征的、活的新生的有机体，“科技为我们提供机会去发现自己，更重要的是预测未来的自己”。

将每个人的天赋发挥到淋漓尽致，让每个人拥有施展才华的舞台，长期的社会实践创造了一种“偶像生活”，比如去百老汇唱歌、参加奥运会、夺得诺贝尔奖，这种“大众文化错误地聚焦于那些能够证明自己的明星角色，认为他们就是成功的标杆。事实上，这种上等地地位和明星身份可能是我们的囚牢，是他人的成功之路给我们套上的紧箍咒”。

科技的真正价值在于，“提高人造物品的多样性，增加科学方法和产生选择的技巧，进化的目标是维持可能性博弈继续”。

凯文·凯利指出，科技令人困惑的两面性，并非科技在未来完全消弭。但作者更深刻地指出，痴迷于科技趋利避害，其实是“有

限博弈”的思维桎梏。“进化、生命、思维和技术元素都是无限博弈”，目标是保持游戏持续下去，不断进行连续的自我塑造。

使用如此大量的篇幅、浩繁的考证、穿越时空的思考和恣意挥洒的文笔，凯文·凯利最后指出这样一幅图景：“科技正在将所有生物的思维缝合在一起”。正是技术元素与生命界这种彼此交织、缠绕、融合、嵌入的历程，让人们领受技术元素激昂的创造活力的同时，超越对与错、好与坏、善与恶的二分对垒，倾听科技生命的空谷回声。

科技，想要拥抱生命，创造新的奇迹。

科技需要我们，但是，它要为我们提供什么？从它的长期发展中我们能得到什么收获？

当亨利·戴维·梭罗在瓦尔登湖隐居时，一些工程师沿着通过其居所的铁路搭建长距离电报线，他去探视这些工程师时，不禁自问，人类是否有足够重要的手段确保他们的巨大努力不付诸东流。

温德尔·贝里在家族经营的肯塔基农场里观察诸如蒸汽发动机这样的技术怎样替代农民的人力劳动，对机器是否具有值得人类学习之处感到迷惑：“19世纪的人认为机器是精神力量，将为人类带来福利。蒸汽发动机怎能造福于人类呢？”

这是一个不易回答的问题。技术元素的确是在改造人类，可是蒸汽发动机这种复杂技术会像人类自身那样改善我们的生活吗？是否有任何地方存在任何人类思想的物质化成果能够为人们创造更加美好的明天？

对上述问题，温德尔·贝里可能认同的一个答案是，法律这种技术有利于人类进步。法律体系督促人们保持责任感，推动他们追求公正，约束不可取的冲动行为，培养诚信意识，等等。烦琐的法律体系

巩固了西方社会的基础，与软件有相似之处。它是一组复杂的条款，写在纸上而不是电脑上，工作速度慢，计算的对象是公正与秩序（理想状态下）。所以，这里有一项技术对我们有益——不过实事求是地说，没有任何事物可以使我们更加美好。我们不会因外力驱使而改善生活，但是可以接受外力产生的机会。

我认为贝里无法对技术元素的馈赠心存感激的原因是他的科技观太狭窄了。他受困于冰冷的、硬邦邦的无亲和力物品，例如蒸汽发动机、化学品和五金器具，这些物品将来会发展为更加成熟的事物，现阶段也许是它们唯一不成熟的阶段。从更广泛的视角看，蒸汽发动机只是整体的极小部分，科技领域中那些具有生命亲和力的形式的确能够给我们创造进步的机会。

科技如何提升个人？只有通过为所有人提供机会，使她或他得以充分施展其与生俱来的独特天赋的机会，接触新理念和新思维的机会，选择父母不曾选择的道路的机会，自己创造新事物的机会。

我将是第一个作如下补充的人：这些机会本身——不置于任何背景下——不足以给人类带来幸福，更不用说进步。机会在受到价值观引导时最具效力。温德尔·贝里似乎在说，如果某人具有精神价值观，不需要科技也能获得幸福。换句话说，他提出疑问，科技的确是人类进步绝对必需的吗？

我相信技术元素和文明都植根于相同的自引式宏观趋势，所以我认为这个问题的另一种表达方式是：文明是人类进步必需的吗？

在追溯技术元素的完整历程后，我要说，绝对是的。技术元素是人类进步必需的。不然的话，我们如何发展？某个特定人群也许会在寺院小房间里找到受约束的选择，或者在池塘边隐居者的小屋里看到机会，或者从云游高僧去粗取精的视野中发现理想的进步之路。但是历史上大多数时期的大多数人都认为发达文明积累起来的机会将会改善

他们的境遇。这解释了为什么我们要发展文明和科技，为什么我们要拥有工具。它们提供选择，包括追求美好未来的选择。

没有价值观引导的选择不会带来多少收益，这没错，可是缺乏选择的价值观同样收获甚少。我们需要技术元素产生的完整选择范围，以释放自身的最大潜能。

科技为我们个人提供机会去发现自己，更重要的是，预测未来的自己。每个人一生中会拥有独一无二的特性组合，包括待开发能力、手工技能、逐渐成熟的洞察力和潜在经验，这些是其他人不具备的。即使是双胞胎——DNA相同，生活经历也不会相同。当人们将自己的各种天赋发挥出最大效力时，就会获得成功，因为没有人可以做他们能做的。完全依靠自己特有的技能生活的人是无法仿效的，所以我们珍视他们。所谓施展才华，不是指每个人都去百老汇唱歌，或者在奥运会上拼搏，或者夺得诺贝尔奖。这些引人注目的角色只是三种成为明星的传统方式，并且这些特定机会是有限的。大众文化错误地聚焦于那些能够证明自己的明星角色，认为他们就是成功的标杆。事实上，这种上等地地位和明星身份可能是我们的囚牢，是他人的成功之路给我们套上的紧箍咒。

理论上，我们每个人都会找到为自己量身定制的成功角色。我们可以把这些获得成就的机会称为“科技”，虽然通常我们不会这样理解机会。振动弦技术释放（或者说创造）了小提琴演奏大师的潜能。几个世纪以来油画和画布技术释放了画家的天赋。胶卷技术创造了电影天才。文字、立法和数学这样的软技术都会扩展我们创造和自我提升的潜力。这样，在生活中，当我们发明和创造也许会被他人借鉴的新事物时，作为朋友、家人、氏族成员、国家成员和社会的一分子，我们对于激发所有人的才华并使之最优化将产生直接影响。这里所说的最优化，指的不是成为名人，而是使自己的贡献无人可及。

然而，如果我们不能为其他人增加机会，就会削弱他们的优势，这是不可原谅的。因此，为他人扩大创造力范围是一种责任。我们通过扩展技术元素的可能性——方法是开发更多技术和更具亲和力的表现形式——来增加其他人的机会。

如果历史上最好的大教堂建筑师现在才出生，而不是在1000年前，他仍会建造一些可以彰显其辉煌成就的大教堂。十四行诗仍然有写作者，诗人的手稿仍然有人进行诠释。可是，你能够想象吗，如果巴赫比弗兰德人发明拨弦古钢琴早1000年出生，世界将多么平淡乏味？如果莫扎特在钢琴和交响乐出现之前就已去世，世界又会怎样？如果文森特·凡·高降临世间5000年后我们才发明廉价油画技术，那么我们的集体想象力将会是多么苍白？如果在希区柯克和查理·卓别林尚未成年时，爱迪生、格林和迪克森没有研制出电影技术，现代世界会是怎样？



图 14-1 失去的技术。钢琴发明前的少年莫扎特；摄影机诞生前的希区柯克；我儿子迪文，在等待下一个重大发明

有多少巴赫和凡·高这样级别的天才在获得必要的技术以便为他们天赋的成长提供土壤之前死去？有多少逝者生前不曾遇到可以让他们施展才华的技术机会？我有3个孩子，尽管提供了大量机会，但是他们的最大潜力也许还未能释放出来，因为适合他们天分的理想技术还有待发明。有一位现今还在世的天才，我们这个时代的莎士比亚，社会



永远无法拥有她的杰作，因为在能够体现她的卓越之处的技术——全面板虚拟现实技术、虫洞结构理论、心电感应和万能笔——出现之前，她就来到人世了。没有这些人造机会，她的才华受到损害，而从广义上说，我们所有人都因此受损。

历史上大部分时期，每个人的天赋、技能、洞察力和经验构成的独有特性组合没有用武之地。面包师的后代还是面包师。科技扩展了宇宙的机会，也为人们找到发挥个性的场所增加了机会。因此我们负有道德义务去开发更多的最优技术。我们提高科技的多样性和影响范围，不仅为我们自己、为其他生物增加机会，同时也是为了未来所有的生物后代在技术元素长期提高复杂性、增加美感时能够抓住机会。

提供更多机会的世界能够养育更多人口，而人口的增加又会产生更多机会。这是自引式发展的古怪循环，导致子代总是比父母优秀。我们手中的每一种工具都会为文明（所有活跃的文明）带来新的解读事物的方法、新的生活观和新的选择。每一种运用于实践的理念（科技）都会扩展我们的生命力所达到的范围。轮子这一简单发明引出了上百种如何使用它的新创意，衍生出马车、陶器转盘、转经轮和齿轮。这些发明又赋予数百万有创造力的人灵感和工具，使他们产生更多的创意。很多人沿着这条道路、借助这些工具实现了自己的梦想。

这就是技术元素的职责。它是物资、知识、实践、传统文化和选择的积累，使得个人能够创建和参与创建更多的理念。文明，从8000年前最早的河谷定居点一步步走来。我们可以认为它是一个过程，这个过程长期以来为下一代积累了可能性和机会。今天从事零售工作的普通中产阶级民众，他们的选择远远多于古代的国王，就像古代国王比在他之前的自谋生路的游牧民有更多选择一样。

我们能够积累机会的原因是，宇宙本身处于相似的扩展状态。就我们目前所知道的而言，宇宙从无差异点开始，逐渐展开为具体的形

态，我们称之为物质和现实。数十亿年间，宇宙过程创造出元素，元素孕育分子，分子组合成银河系，每一步都拓宽了可能事物的范围。

物质化的宇宙从虚无到丰富的旅程可以被视为自由、选择和明显机会的扩展过程。在起点处，没有选择，没有自由意志，除了虚无，还是虚无。从大爆炸开始，物质和能量的可能构成方式增多，最终，生命的产生为可以实现的行为提供了更多的自由。随着想象力思维的出现，甚至于可能的可能性也增加了。几乎可以认为宇宙就像是一个自我组合的选择。

总体而言，科技的长期趋势是提高人造物品的多样性、增加科学方法和产生选择的技巧。进化的目标是维持可能性博弈继续。

本书以请教如何在技术元素中引导自己的选择——至少是如何理解这个问题——开始。我需要更宏观的视野帮助我选择技术，这样的技术要帮助我在获得更多福利的同时减少需求。我真正在寻找的是协调技术元素的利己本性（希望不断壮大自己）和它的慷慨本性（希望帮助我们深入了解自己）的方法。我通过技术元素的眼睛观察世界，学会欣赏它所具有的难以置信的利己自主性程度。与我最初的疑虑相比，它的内部动力更加强大，方向更加深远。同时，从技术元素的视角看世界使我对它改革性的积极力量又添一分钦佩。是的，科技正在获取它的自主性，它将逐渐实现自身目标的最大化，而这个目标包括使我们的机会最大化，这是最重要的结果。

我的结论是，科技两张面孔的协调难题是不可避免的。只要技术元素存在（如果人类存在它就会存在），那么它的馈赠和需求之间的紧张关系将继续困扰我们。未来3000年，当人人最终都拥有自己的喷射包和飞行车时，我们仍将与技术元素自身的扩展和我们的扩展之间的固有矛盾斗争。这种持久的对立是科技的另一个方面，我们必须接受。

作为现实问题，我学会了确定自己所需技术的最小数量，同时这个数量将为我与他人带来最多的选择。控制论专家海因茨·冯·福尔斯特（Heinz von Foerster）将自己的研究方法称为“伦理原则”，他这样描述这一原则：“始终努力增加选择的数量。”我们可以使用技术为他人增加选择，方法是鼓励科学研究、创新和教育，提高读写能力，促进多元主义。从我自己的经验看，这个原则从未失效：在任何博弈中它都会增加你的选择。

宇宙中有两种博弈：有限博弈和无限博弈。有限博弈最后要分出胜负。卡片游戏、扑克比赛、机遇游戏、赌博、足球这样的体育运动、《地产大亨》（Monopoly）这样的桌面游戏、赛跑、马拉松、拼图、俄罗斯方块、魔方、拼字游戏、数独游戏、魔兽世界这样的联网游戏和《光晕》（Halo）这样的虚拟游戏——所有这些都是有限博弈。决出胜负，博弈就结束。

另一方面，无限博弈的参与者将使博弈持续进行下去。它没有结束之时，因为没有获胜者。

有限博弈需要稳定的规则。如果在博弈过程中更改规则，它就无法进行。游戏中途更改规则是不可接受的，是非公平竞争的典型例子。因此，在有限博弈中，赛前需要十分努力地阐明规则，赛中坚决执行这些规则。

无限博弈要做到持续进行，只有更改规则。为了保持开放性，博弈应当把规则放在第二位。

棒球、国际象棋和《超级玛丽》这样的有限博弈一定是有边界的——空间的、时间的或者性能的。要这么大，这么长，可以有这个功能，不能有那个功能。

无限博弈没有边界。理论家詹姆斯·卡斯（James Carse）在他的优秀专著《有限和无限博弈》（Finite and Infinite Games）中提出了这些概念，他说：“有限博弈者在边界内游戏，无限博弈者以边界为游戏对象。”

进化、生命、思维和技术元素都是无限博弈。它们的博弈就是让博弈持续下去，让所有博弈者尽可能地长时间参与。为了达到这样的目的，它们像所有无限博弈一样戏弄游戏规则。进化之进化就是如此。

传统的武器技术产生了有限博弈。它们产生获胜方和失败方，没有其他选项。有限博弈是激动人心的，想想体育和战争。我们可以讲述几百个两人搏斗比两人和平相处更惊心动魄的故事。但是，这100个令人激动的两人搏斗故事存在的问题是它们都导致同样的结局——要么一方败下阵来，要么两败俱伤，除非中间某个时刻他们转为合作。而那个关于两人和平相处的乏味故事没有结局。它可以引出1000个意想不到的故事——也许两人成为伙伴，共同建造一座新城，或者发现新元素，或者创作一部令人赞叹的歌剧。他们为将来的剧情搭建了一个舞台。他们在进行无限博弈。全世界都呼唤和平，因为它带来更多的机会，而且包含无限的可能性，有限博弈做不到这一点。

生活中我们最爱的事物——包括生活本身——都属于无限博弈。当我们参与生活博弈或技术元素的博弈时，目标不是固定的，规则不明朗，并且一直在变动。我们如何进行下去？好的选择是增加选择。作为个人，作为社会群体，我们可以发明一些方法，创造尽可能多的新的好机会。在这场充满悖论的无限博弈中，好机会可以产生更多的好机会……无穷无尽。最好的“开放性”选择引发的“开放性”选择最多。这棵递归树就是科技的无限博弈。

无限博弈的目标是保持游戏的进行：摸索游戏的所有玩法，增加各种博弈，召集所有可能的玩家，扩展游戏的意义，倾尽所有，无所

保留，创建宇宙中不太可能发生的博弈。如果可能，超越过去的一切。

雷·库兹韦尔是一位多产的发明家，科技的热情拥护者，公开的无神论者，在其神话般的著作《超常并不遥远》（The Singularity Is Near）中，他宣称：“进化的趋势将是更加复杂、更加优雅、知识更加丰富、智能程度更高、更具美感、更有创造性，以及更高层次的微妙特性——例如爱。在所有一神论文化中，造物主都具备所有上述特性，唯一不具备的就是局限性……因此进化不可阻挡地趋近于人们对造物主的设想，尽管永远不会完全达到这样的理想状态。”

如果存在上帝，技术元素的轨迹正在向他延伸。我要再一次讲述这条轨迹的伟大故事，也是最后的总结，因为它指明了我们前方的道路。

大爆炸产生的无差异能量因为宇宙空间不断膨胀而冷却下来，然后聚合为粒子可测实体。随着时间流逝，这些粒子凝聚成原子。进一步的膨胀和冷却使复杂的分子得以形成，它们自我组合为自繁殖的实体。每一秒内，这些初期组织的复杂性都会增加，变化速度也会加快。在进化过程中，它不断累积不同的适应和学习方法，最终，动物的大脑被自我意识所掌控。自我意识产生更多思维，一个由思维组成的世界共同跨越过去的一切约束。这种集体思维将会朝各个方向扩展想象空间，直到它创造出同类，并且表现出无限性。

现在甚至有一种宗教理论假设上帝也在改变。这个被称为过程神学的理论没有过多地钻牛角尖。它将上帝描述为一个过程，如果你愿意，可以称之为完美的过程。在这个神学理论中，上帝不再是个遥远、形象不朽的灰胡子黑客天才，更像是永恒的非稳态，一场运动，一个过程，一种基本的自为生成现象。生命、进化过程、思维和技术元素正在发生的自组织变异反映了上帝的形成。作为动词的上帝创造了一组规则，并使之融入到不断自我回归的无限博弈中。

我在本书的结尾提到上帝，是因为谈论自我创造时不提及上帝——自我创造的典范，似乎是不公平的。唯一可以替代环环相扣的无穷创造链的是自因形成的创造。原初的自因是一切的起点，它首先创造自己，然后才会生成时间或虚无。它是上帝的最合乎逻辑的定义。这种可变上帝的观点没有回避自我创造所包含的矛盾，因为自我创造影响自组织的所有层次。相反，它接受这些矛盾，认为它们是必然出现的。不论上帝是否存在，自我创造都是个谜。

从某种意义上说，本书谈论的是连续自我创造（有些部分涉及原初的自我创造这一概念，有些没有）。这里要说明的是，不断提高的复杂性、不断增加的机会和不断扩展的感知力——现在这些在技术元素中都有体现并超越了它——的防倒退自引过程怎样由万物最初的极小点的内在力量所推动。此外还要说明，作为非稳态之萌芽的极小点如何以这样一种方式膨胀，即理论上它可以在相当长的时间内不断扩张并自我复制。

我希望本书能够阐明：自我创造的单线将宇宙、生物和科技串接成一个创造物。与其说生命是物质和能量产生的奇迹，不如说是必然产物。与其说技术元素是生命的对立面，不如说是它的延伸。人类不是科技轨迹的终点，而是中点，恰好在生命和制造品中间。

几千年来，人类关注有机世界，或者说生物界，寻找关于创造物甚至还有创造者的本质的线索。生命是神性的反映。人类具有特殊地位，被视为按照造物主的形象而创造出来。但是如果相信人类是按照造物主——自我创造者——的形象而降临于世的，那么我们没有虚度时光，因为我们创造了自己的后代：技术元素。很多人，包括很多信仰上帝的人，会认为这种说法反映了自大心态。与人类之前发生的事情相比，我们的成就微不足道。

“我们从宇宙物质转化为人体的细胞群——后者努力追求某种超出它们掌控能力的事物，此时此刻，让我们记住人类的丰功伟绩，这个

自我创造者穿越冰河时代，站在科学魔镜面前，向它求道，感受它的魔力。他并非来了解自己或者仅仅打量他粗野的外表。他来，是因为他本质上是倾听者和探索者，想要寻找某个他无法企及的伟大王国。”这是人类学家和作家劳伦·艾斯利（Loren Eiseley）对他所说的人类目前为止艰难走过的“漫长旅程”的沉思。

星空展现出难以抗拒的无穷性，它带来令人沮丧的信息：我们无关紧要。与5000亿个各有10亿颗恒星的星系争辩，不是件容易事。在无限宇宙的迷雾中，我们在一个暗淡角落里的短暂闪烁毫无价值。

可是，这个角落存在某种事物独力对抗广袤的宇宙，存在某种完全自引导的事物，这些事实驳斥了宇宙虚无论。除非得到整个宇宙和物理法则某种方式的支持，否则最微小的思想也不能存在。一颗玫瑰花蕾，一幅油画，一队身着服装的人沿石砖砌成的街道游荡，一块等待输入指令的闪烁的屏幕，一本关于人类造物本质的书，这些都需要深嵌在生物原始法则中的具有生命亲和力的特性才能存在。“宇宙知道我们将要到来。”弗里曼·戴森说。如果宇宙法则倾向于产生1比特的生命、思维和科技，那么更多的1比特将源源不断地涌现。我们的漫长旅程是一条轨迹，是由琐碎的小概率事件堆积而成的一系列必然事件。

技术元素是宇宙创造自我意识的方法。卡尔·萨根（Carl Sagan）对此作了令人印象深刻的阐释：“我们是思考星空的星尘。”不过，迄今为止，人类最伟大的、最漫长的旅程不是从星团物质到自觉生物的长途跋涉，而是即将展开的漫长征程。过去40亿年复杂性和开放式创造过程的运动轨迹与未来相比，实在不值一提。

宇宙大部分空间空无一物，因为它在等待生命和技术元素的产物填入其中，等待疑虑、问题和我们所称的共享知识——也可以说意识——的各种片段之间的深入联系来填充。

不论是否愿意，我们都站在未来的支点上。我们要承担部分责任来推动地球的进化过程。

约2500年前，大多数主要宗教在相对较短的时间内相继创建。孔子、老子、佛陀、琐罗亚斯德、《奥义书》的作者们和犹太教创始人生活的年代相距不超过20代人。只有几种主要宗教在那以后诞生。历史学家将这个时期世界的激荡称为轴心时代。似乎所有活着的人同时醒来，同时开始寻找他们神秘的起源。一些人类学家相信，轴心时代的觉醒是由农业创造的大量富余供给引发的，全世界大规模灌溉系统和水利工程的建设提供了条件。

如果我们某一天进入新技术洪流推动的新轴心时代，我不会感到惊讶。我发现，很难相信我们可以制造参与实际工作并且不会干扰我们的宗教和造物主理念的机器人。未来某天我们将造出其他大脑，它们会让我们震撼，它们会思考我们绝不可能想象的事物。如果我们赋予这些大脑完整的形态，它们将自称是造物主的子孙，那时我们该怎么办？当我们改变自身的血脉基因时，我们对灵魂的感受难道不会随之改变吗？我们可以跨入量子领域——在那里1比特物质能够同时出现在两个地方——并且仍然不相信天使的存在吗？

看看未来将会发生什么：科技正在将所有生物的思维缝合在一起，把世界包裹在电子神经构成的振荡外套中，各大陆之间通过机器相互交流，整个社会每天被100万个安装好的摄像头所监控。我们的心灵容易被我们仰望的事物影响，它又怎能不被这样的前景所激荡？

只要风吹草长，人们就会坐在树下，在大自然中接受启蒙——与造物主交流。他们从自然界寻找关于自身来源的启示，在蕨类植物和鸟类羽毛的精美形态中看到一种无限源泉的暗示。即使是那些不需要造物主的人也在观察进化中的生物世界，寻找线索来解释我们存在的原因。对大多数人来说，大自然要么是给人强烈愉悦感的长久的意外



存在，要么非常全面地体现了它的创造者。对于后者，每一个物种都可以被认为经历了与造物主长达40亿年的交流。

手机比树蛙更能体现造物主的神奇。手机扩展了树蛙40亿年的习得，并添加了60亿人脑的开放性研究成果。某一天我们也许会相信我们可以发明的最具亲和力的技术不是对人类才智的检测，而是对神性的证明。随着技术元素的自主性提高，我们对自己所创造的世界的影响力将减弱。它受产生于宇宙大爆炸的自身推动力驱使。在新的轴心时代，有可能发生的是，最伟大的科技成果将被视为造物主而非人类意志的体现。除了隐居在红杉林中追求精神生活，我们也许还会在一个由具有200年历史的网络构成的迷宫中迷失方向。复杂的高深莫测的思维系统产生于100多年前，借鉴雨林生态系统的特性，被数以百万计活跃的人造大脑采用，共同孕育出美感。它将像红杉一样告知世人——只是声音更大、说服力更强：“在你出现之前，我早已存在。”

技术元素不是造物主，它太小了。它也不是乌托邦，甚至不是实体。它正在形成，但也只是开始。而它包含的善比我们已知的任何事物都要多。

技术元素扩展了生命的基本特性，在这个过程中，它还扩展了生命基本的善。生命不断增加的多样性、对感知能力的追求、从一般到差异化的长期趋势、产生新版自我的基本（也是矛盾的）能力以及对无限博弈的持续参与是技术元素的真正本性和“需求”。或者，我应该说，技术元素的需求也是生命的需求。但是技术元素并不会止步于此。它还扩展思维的基本特性，在这一过程中同时扩展思维基本的善。科技强化了思维想要统一所有思想的强烈愿望，加速推进所有人之间的联系，让世界充满各种可想到的理解无限性的方法。

没有一个人能够实现人力可及的所有目标，没有一项技术能够收获科技可能创造的一切成果。我们需要所有生命、所有思维和所有技术共同开始理解现实世界；需要技术元素整体——也包括我们——去

发明必需的工具，为世界创造奇迹。随着时间的流逝，我们将创造更多选择、更多机会、更多联系、更多思想，提高多样性和统一性，增强美感，同时也会制造更多问题。这一切综合起来将产生更多的善。这是一场值得参与的无限博弈。

这就是科技想要的。

# 致谢

本书献给我的孩子们：凯琳、廷和迪文。还有我的妻子佳敏（Gia-Miin），在本书的长期写作过程中，她给予家人无可替代的关怀。

我要表达对企鹅出版社的保罗·斯洛瓦克（Paul Slovak）的感谢，他在本书多年的酝酿期中为我提供了支持。他从未放弃本书，他对书中观念的热情支持使它的出版成为可能。

我共事过的最佳编辑保罗·图赫（Paul Tough）纠正了本书赘言过多的缺点。他使叙述变得流畅，具备可读的形式，从几近完成的原稿中精炼出一本书。保罗保留了本书的中心思想，同时加以润饰。

卡米尔·克卢捷（Camille Cloutier）是我的第一合作者。她完成的工作数不胜数。卡米尔寻找专家、安排访问、准备引述文字和段落、列出关键章节、进行通篇审核、做脚注、校稿、管理多个版本、编辑索引、维护写作软件，并且想方设法保证书中文字的真实性和准确性。

研究馆员米歇尔·麦金尼斯对书中提及的多数开创性研究开展实验。为了寻找资料，她在图书馆里度过了数月，并用了5年的时间在网搜索。本书几乎每一页的完善都离不开她的辛勤工作。

主要设计师和绘图员乔纳森·科勒姆（Jonathan Corum）提供了书中的图表，风格独特，极其清晰。精装书的封面由本·怀斯曼（Ben Wiseman）设计。

这是约翰·布罗克曼（John Brockman）这位非凡的顾问和代理人和我共同发行的第6本书。无法想象如果没有他的帮助，我该怎样出版书。

我的访问录像的幕后制作由态度严谨的维多利亚·莱特（Victoria Wright）完成，本书的指导威廉·施瓦尔贝（William Schwalbe）与我进行了几次禅宗似的心灵交流，在我不知所措时提供了相当有价值的建议。南希·雷斯尼克（Nancy Resnick）负责排版，科恩·卡鲁思公司编辑索引。

下列读者阅读了本书首稿，提供了有价值的、建设性的反馈：拉斯·米切尔（Russ Mitchell）、迈克尔·多德（Michael Dowd）、彼得·施瓦茨（Peter Schwartz）、查尔斯·普拉特（Charles Platt）、安德烈亚斯·劳埃德（Andreas Lloyd）、加里·沃尔夫（Gary Wolf）和霍华德·莱因欧德（Howard Rheingold）。

在为本书调研期间，我通过访问、谈话或者邮件的方式与我所知道的最聪明的人进行交流。下面按照字母顺序列出这些专家的名字，他们挤出宝贵时间为我的研究项目提供真知灼见。当然，对他们思想的任何转述如果有误，责任在我。

克里斯·安德森

丹尼·希利斯

保罗·萨夫

戈登·贝尔

皮特·胡特（Piet Hut）

柯克帕特里克·塞尔

凯蒂·博纳 (Katy Borner)

德里克·詹森

蒂姆·绍德 (Tim Sauder)

斯图尔特·布兰德

比尔·乔伊

彼得·施瓦茨

埃里克·布伦德

斯图尔特·考夫曼

约翰·斯马特

戴维·布林 (David Brin)

唐纳德·克雷比尔 (Donald Kraybill)

李·施莫林 (Lee Smolin)

罗伯·卡尔森

马克·克莱德

亚历克斯·斯特芬 (Alex Steffen)

詹姆斯·卡斯

雷·库兹韦尔

史蒂夫·塔尔博特 (Steve Talbot)

雅迈·卡肖 (Jamaïs Cascio)

雅龙·拉尼耶 (Jaron Lanier)

爱德华·特纳

理查德·道金斯

皮埃尔·勒莫尼耶

谢里·特尔克

埃里克·德雷克斯勒 (Eric Drexler)

塞思·劳埃德

哈尔·瓦里安

弗里曼·戴森

洛里·马里诺 (Lori Marino)

维诺·文奇 (Vernor Vinge)

乔治·戴森 (George Dyson)

马克斯·莫尔

杰·沃克 (Jay Walker)

奈尔斯·埃尔德里奇

西蒙·康韦·莫里斯

彼得·沃谢尔 (Peter Warshall)

布赖恩·伊诺 (Brian Eno)

罗伯特·赖特

约耳·加罗

内森·麦沃尔德

保罗·霍肯

霍华德·莱因欧德





译言·东西文库

KK三部曲·展望

# [必然]

[美] 凯文·凯利\_著 周峰 董理 金阳\_译

## The Inevitable

这些力量并非命运，而是轨迹  
它们提供的并不是我们将去往何方的预测  
只是告诉我们，在不远的将来，我们会向哪些方向前行，必然而然

# KEVIN KELLY



中信出版社·CHINACITICPRESS

## 图书在版编目（CIP）数据

必然/（美）凯利（Kelly·K·）著；周峰，董理，金阳译.-北京:电子工业出版社，2016.1  
ISBN 978-7-121-27239-4  
中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第220575号

书名：必然

作者：[美] 凯文·凯利 著 周峰，董理，金阳 译

出版发行：电子工业出版社 北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

电子书排版：张明霞

# 必然

[美] 凯文·凯利 著  
周峰，董理，金阳 译

电子工业出版社

# 目录

作者序

第1章 形成 Becoming

第2章 知化 Cognifying

第3章 流动 Flowing

第4章 屏读 Screening

第5章 使用 Accessing

第6章 共享 Sharing

第7章 过滤 Filtering

第8章 重混 Remixing

第9章 互动 Interacting

第10章 追踪 Tracking

第11章 提问 Questioning

第12章 开始 Beginning

致谢

## 作者序

我十三岁时，父亲带我去新泽西州的大西洋城参观一个计算机展会。那是1965年。父亲对那些房间大小的机器感到超级兴奋。这些机器的制造者是诸如IBM之类美国最顶尖的公司。父亲信奉进步论，而那些最早期的计算机便是他想象中的未来一瞥。我当时就像个典型的青少年一样，对此非常不以为然。那些占满巨大展厅的计算机实在无聊。除了以英亩为单位计量大小的长方形铁柜之外，就没什么可看的了。展会中一块屏幕也没有。也没有语音输入和语音输出。这些计算机唯一能做的事情，就是在一排排的折叠纸上打印数字。我在科幻小说中读到了很多关于计算机的描写，而这些展会上的东西都不是“真正”的计算机。

1981年我在佐治亚大学的一个科学实验室里工作时，得到了一台Apple II型计算机。尽管它有一台小小的黑绿两色显示器，可以显示文字，但我对这台计算机的印象也并不深刻。虽然打起字来比打字机好上不少，而且在绘制函数图像和追踪数据方面，这台电脑也是个“行家”，但它还不是一台“真正”的计算机。它并没有给我的生活带来什么改变。

几个月后当我把电话线插进Apple II的调制解调器时，我的看法完全改变了。突然间一切都变得不一样——电话插孔的另一端是一个新兴的宇宙，它巨大无比，几乎无垠。那里有在线公告板和实验性的电话会议；这个空间被称作互联网。这根电话线中的传送门开启了一个新的东西：它巨大，同时又能为人类所感知。它让人感到有机而又非凡无比。它以一种个人的方式将人与机器连接起来。我能感觉到我的生活逐渐进入到了另一个层次。

回想起来，我认为在计算机与电话线连接之前，计算机时代并没有真正到来。相互孤立的计算机是远远不够的。直到二十世纪八十年代初，当计算机接入电话线并与之融合为强壮的混合系统，计算的深远后果才真正展开。

在那之后的三十年里，通信与计算之间的技术融合已经开始扩散、成长、开花、结果。互联网/Web/移动系统已经从社会的边缘（1981年时人们对这类系统几乎毫不关心）进入到现代全球社会的舞台中心。在过去的三十年里，以这种科技为根基的社会经济经历了跌宕起伏，也见证了这个时代中英雄的兴衰更迭。但很明显，这三十年中所发生的一切都被一些大势所主导。

这些影响广泛的历史趋势至关重要，因为孕育它们的基础环境仍在活跃和发展。这也强烈地预示着，这些趋势将会在未来数十年中持续增长。我们还看不到任何阻止或削弱它们的力量。在本书中，我将会对十二种必然的科技力量加以阐述，而它们将会塑造未来的三十年。

“必然”是一个强烈的措辞。它会引起部分人的警觉——这些人相信，没有什么事情是必然的。他们认为，人类的主观意愿可以、也应当对任何机械的趋势加以扭转和控制。在他们看来，“必然”是我们对自由意志的放弃。而当必然的观点和科技结合在一起时，就像我在本书中所做的一样，对宿命的反对就会变得更加强烈和激昂。有一种对“必然”的定义借用了经典的“倒带”思想实验。这个实验假定我们把历史倒退回时间的开端，让我们的文明一次又一次地从头再来。强必然性是说，无论我们重复多少次，最终都会出现这样的结果：2016年的青少年们每五分钟就要发一条推文。但这不是我说的必然。

我所说的必然是另外一种形式。科技在本质上有所偏好，使得它朝往某种特定方向。在其他条件都相同的前提下，决定科技发展动态的物理原理和数学原理会青睐某些特定的行为。这些偏好仅存在于塑

造科技大轮廓的合力中，并不会主宰那些具体而微的实例。譬如，因特网的形态——由网络组成的遍布全球的网络——是一种必然，但我们所采用的因特网的具体实现就不是必然。因特网可能是商业化的，而不是非营利的；它可能是国家的，而不是国际的；它也可能是私密的，而非公开的。长距离传输语音信息的电话系统是必然的，但iPhone不是；四轮车辆是必然的，但SUV不是；即时信息是必然的，但推特不是。

每五分钟发一条推文并非必然还有另外一层原因。我们处于飞速的变化中；我们发明新事物的速度已经超出了我们“教化”这些新事物的速度。今天，一项科技问世之后，我们需要大约十年的时间才能对其意义和用途建立起社会共识。就推特来说，我们还要五年的时间才能为其找到一个合适的栖身之所。正如我们会弄清楚如何处理无处不在的手机铃声一样（用振动模式！），到那时，今天的种种现象可能都已消失得无影无踪，我们就会认识到它既无必要，也非必然。

我在本书中所谈及的数字领域中的必然是一种动能，是正在进行中的科技变迁的动能。过去三十年里塑造数字科技的强劲浪潮还会在未来三十年中继续扩张、加强。这不仅适用于北美，也适用于整个世界。在这本书中我所列举的例证都发生在北美，因为读者会更熟悉它们。但每一个例证，我都可以轻易地找出其在印度、马里、秘鲁或爱沙尼亚的对应事例。例如，数字货币的真正领先者是在非洲和阿富汗——在这些地方，电子货币有时是唯一可用的货币。而在开发移动端分享应用方面，中国已经遥遥领先。尽管表象会受到文化的影响，但其潜在的内因都是一样的。

在过去三十年的网上生活中，我起初是这篇广袤荒野的拓荒者，之后又成为建设这片新大陆的建造者中的一员。我对必然的自信建立在科技发展的深层根基之上。日新月异的高科技板块下是缓慢的流层。数字世界的根基被锚定在物理规律和比特、信息与网络的特性之

中。无论是什么地域，无论是什么公司，无论是哪种政体，这些比特和网络的基本成分都会一次又一次地孕育出相似的结果。在本书中，我会尽力揭示出这些科技的根基，因为它们会展示出未来三十年中的持久趋势。

这些转变并不全都受欢迎。由于旧的商业模式失灵，既有的行业将被推翻。行业中的所有职业将会消失，一同消失的还会有一些人的生计。新的职业将会诞生，而这些职业会滋生不公和不满。我在本书中阐述的这些趋势将会挑战现行的司法假设，碰触到法律的边界。数字网络技术动摇了国际边界，因为它本身就是无国界的。它会造成冲突和混乱。

当我们面对数字领域中极力向前的新科技时，第一反应可能是退回原位。我们会对它加以阻止、禁止、否认，或者至少会让它变得难用无比。（举个例子，当因特网让音乐和电影的复制变得轻而易举时，好莱坞和音乐产业就开始尽其所能来阻止人们复制。但这全然徒劳。他们只是成功地把顾客变成了敌人。）螳臂挡车只会适得其反。任何禁止的做法最多只能暂时有效，从长远来讲则违背了生产力的发展。

睁大眼睛，以一种警醒的态度来拥抱新科技则要有效得多。我在本书中的意图是揭示数字变化的根基所在。一旦洞察，我们就不用采取对立的态度，而是可以因势利导。我们会更深入地理解，为何大规模复制、大规模跟踪以及全面监控会在这里大行其道。我们也会认识到，基于所有制的商业模式正在发生改变；虚拟现实正在成为现实；我们也无法阻止人工智能和机器人改进和创造新的商业，从而抢走我们现有的工作。这或许和我们最初的动机相悖，但我们应当拥抱这些科技的再造和重组。只有与这些科技协作而非阻挠，我们才能最大程度地获取到科技所要给予我们的。我并不是说要放手不管。我们需要对新兴的发明加以监管——无论是从法律层面还是从技术层面，以避



免真正（而非假想）的伤害。我们需要依据这些科技的特性来“教化”、“驯服”它们。但我们必须要深度参与，亲身体验，谨慎接受。唯有如此，这些科技才不会弃我们而去。

变化是必然的。我们现在承认，一切都是可变的，一切都在变化当中——尽管很多变化并不为人所察觉。我们说水滴石穿，而这颗星球上所有的动植物也在以一种超级慢动作演变成为不同的物种。即便是永远闪耀的太阳，也会在天文学的时间表上逐渐褪色，只不过当它发生时，我们早已不复存在。人类的文化和生物学现象也如同一部极其缓慢的幻灯片，在向着某个新的形态移动。

而在今天，我们生活中每一项显著变化的核心都是某种科技。科技是人类的催化剂。因为科技，我们制造的所有东西都处在“形成”的过程中。每样东西都在成为别的东西，从“可能”中催生出“当前”。万物不息，万物不止，万物未竟。这场永无止境的变迁是现代社会的枢轴。

不断变化不仅仅意味着“事物会变得不一样”，它也意味着流程——变化之引擎——比产品更重要。在过去二百年里，我们最伟大的发明恰恰是科学流程其自身，而非某个特定的工具或玩意儿。一旦我们发明了科学方法，就能立即创造出数以千计的神奇事物，而这是用其他方法所做不到的。这种能够产生持续改变和改进的方法性的流程要比发明任何产品都强上百万倍，因为自这种流程发明以来，我们已经借助它生成了数以百万计的新产品。正确掌握这种流程，它就能源源不断地带给我们好处。在我们所处的新时代，流程完胜产品。

永无休止的变化是一切人造之物的命运。我们正在从一个静态的名词世界前往一个流动的动词世界。在未来的三十年里，我们还会继续使用汽车、鞋子这样有形的物体，并会把它们转化成为无形的“动词”。产品将会变成服务和流程。随着高科技的注入，汽车会变成一种运输服务，一个不断更新的材料序列，对用户的使用、反馈、竞争、

创新乃至穿戴做出快速的适应。无论这辆车是无人驾驶汽车，还是可以由你驾驶的私家车，这种运输服务生来具有灵活性，它可定制，可升级，可联网，而且可以带来新的便利。鞋子同样不再会是成品，而会成为塑造我们双脚的无尽流程。即便是一次性的鞋子，都会成为服务，不再会是产品。而在无形的数字领域中，没有任何静态的东西，也没有一成不变的事物。所有一切，都在成为其他。

这无情的变迁之上是现代的分崩离析。我见证过无数科技力量的爆发，并从中归纳出了十二个动词。更准确地说，它们不仅仅是动词，还是一种“现在分词”，用来表达“持续动作”的一种语法形式。而这些力量正是处在加速中的动作。

这十二个持续动作中，每一个都是一种正在发生的趋势。所有迹象表明，这些趋势将持续至少三十年。我把这些元趋势称为“必然”，因为它们植根于科技的本质，而非社会的本质。这些动词的特性来源于所有新科技所共有的偏好。虽然作为创造者我们对科技的取向有很多选择和责任，但仍有许多因素是我们无法控制的。特定的技术流程会倾向于特定的产出。比如说工业流程（蒸汽机、化工厂、水坝）会倾向于人体所不适应的高温和高压；而数字科技（计算机、互联网、移动应用）则倾向于大规模廉价复制。工业流程对高温／高压的偏好促使制造的场所离人们越来越远，并向大规模、中心化的工厂演变，这种演变与人类社会的文化、背景和政治因素无关。而数字科技对大规模廉价复制的偏好也同样独立于国家、经济和人类意愿，并使科技转向了大规模社交；这种偏好的背后是数字比特的内在特性。在上述这两个例子中，我们都只有“倾听”科技所偏好的方向，并使我们的期待、管理和产品服从于这些科技所内在的基本趋势，才能从科技中获得最大利益。当我们将科技的利用贴近于科技所偏好的轨迹时，我们才会在管理复杂性、优化利益和减少科技带来的伤害方面更加得心应手。本书的目的便是将这些科技中的最新趋势整理归纳，并将它们的轨迹呈现出来。

这些有机的动词代表着在未来一段时间内都会呈现在我们文化中的一系列元变化。这些元变化已经在当今世界留下了浓墨重彩的描画。我无意预测哪种特定的产品会在来年或者未来十年中走红，也无意预言哪些公司将会胜出。这类结果取决于潮流、时尚和商业等因素，是完全不可预测的。但未来三十年中产品和服务的总趋势则已清晰可见。新兴技术正在席卷全球，这股迅猛的大潮会潜移默化且持续坚定地改变我们的文化。下述力量将会得到凸显：形成（**Becoming**）、知化（**Cognifying**）、流动（**Flowing**）、屏读（**Screening**）、使用（**Accessing**）、共享（**Sharing**）、过滤（**Filtering**）、重混（**Remixing**）、互动（**Interacting**）、追踪（**Tracking**）、提问（**Questioning**）以及开始（**Beginning**）。

虽然我对每个动词的论述都独立成章，但这些动词并非独自运作。相反，它们是高度叠加的力量，彼此依存，相互促进。很难只论其一，不及其他。分享既促进流动又有赖于流动；认知需要追踪；屏读和互动不可分离；这些动词本身就在融合，又都处于成为的过程中。它们构成了一个运动的域。

这些力量并非命运，而是轨迹。它们提供的并不是我们将去往何方的预测。它们只是告诉我们，在不远的将来，我们会向哪些方向前行，必然然而然。

## 第1章

# 形成 Becoming

我已经60岁了，但我最近才有所顿悟：世间万物都需要额外的能量和秩序来维持自身，无一例外。我知道一般来说，这就是著名的热力学第二定律，即所有事物都在缓慢地分崩离析。但最近几年中，事物分崩离析的速度是我不曾体验过的。现在，我能感受到所有事物都处在不稳定的状态中，并且还在飞速地消耗。这种现象不仅发生在高度组织化的生物当中，还发生在石头、钢铁、铜管、碎石路和纸张这些最死气沉沉的东西上。没了照料和维护，以及附加其上的额外秩序，万物无一会长存下去。生命的本质，似乎主要是维持。

最近让我惊讶的，是新科技所需要的维护量。维护一个网站或者一套软件运转，就如同保持一艘游艇漂浮在水面上一样，都是吸引注意力的黑洞。我多少能够理解，为何像水泵这样的机械会在一段时间的试用后坏掉：水分会锈蚀金属，空气会氧化防水膜，润滑油会蒸发消失——所有这一切都需要修复。但我并没想到过，由比特组成的无形世界也会分解。那么，有什么是不会坏掉的呢？很显然没有。

全新的电脑也会有僵慢卡死的那天。芯片会老化。程序会出故障。刚刚发布的新软件立刻就会开始出现损耗。而这一切，都是自然而然发生的，和你没有任何关系。我们的工具越复杂，就越需要（而不是越不需要）我们的照料。事物对变化的自然倾向无可避免，即便是我们熟知的事物中最具吸引力的那个——比特。

然后，不断变化的数字领域就扑面而来。当你身边的所有东西都在升级的时候，你的数码产品自然也会受到压力，让你对它们进行必

要的维护。即使你不太想升级，也必须这么做，因为所有的东西都是如此。这是一场升级军备竞赛。

在升级工具这件事上，我曾经是个吝啬鬼（毕竟眼前的工具还能用，为什么要升级它？），不到最后一刻绝不换新的。你知道是怎么回事：升级了这个东西之后，你忽然需要升级那件东西，紧接着又得因此把所有的东西全升级一遍。我有过一次对小零件进行“小”升级而毁掉了全部工作生活的经历，所以我才会把工具更新这件事推延好几年后才做。但是，我们的个人科技产品正变得更加复杂，变得对外围设备更加依赖，变得更像有生命的生态系统，推迟升级的行为也就随之变得更加具有干扰性。如果你拒绝进行不断的小升级，那么积累起来的变化会最终变成一项巨大的更新，大到足以带来“创伤”级别的干扰。所以，我现在把升级看作是一种卫生措施：只有定期升级，才能让你的科技产品保持健康。持续不断的升级对科技系统来说至关重要，重要到这已经成为主流个人电脑操作系统和部分软件应用中的自动功能。而在这背后，机器也将会更新自己，随时间慢慢改变自己的功能。这一切循序渐进，所以我们不会注意到它们正在“形成”。

我们把这场进化当作了平常现象。

未来的科技生命将会是一系列无尽的升级，而迭代的速率正在加速。功能不再一成不变，默认设置荡然无存，菜单变成了另外的模样。我会为了某些特殊需要打开一个我并不会每天都使用的软件包，然后发现所有的菜单都消失了。

无论你使用一样工具的时间有多长，无尽的升级都会把你变成一个菜鸟——也就是说，你会变成笨手笨脚的新用户。在这个“形成”的时代里，所有人都会成为菜鸟。更糟糕的是，我们永远都会是菜鸟，并永远因此保持虚心。

这意味着重复。在未来，我们所有人都会一次又一次地成为全力避免掉队的菜鸟，永无休止，无一例外。原因在于：首先，未来30年中，大部分可以主导生活的重要科技还没有被发明出来，因此面对这些科技，你自然会成为一个菜鸟；其次，因为新科技需要无穷无尽的升级，你会一直保持菜鸟的状态；第三，因为淘汰的循环正在加速（一个手机应用的平均寿命还不到30天！）[\[1\]](#)，在新科技被淘汰前，你不会有足够的时间来掌握任何事情，所以你会一直保持菜鸟的身份。永远是菜鸟是所有人的新设定，这与你的年龄，与你的经验，都没有关系。

如果我们诚实的话，就必须承认，技术元素之所以不停升级和持续变化，有一方面就是为了让我们的魂不守舍。就在不久前的某一天，我们（所有人）都觉得没有手机的话，第二天就活不了了。但在10年以前，这种需求却会让我们目瞪口呆。现在，网速一慢，我们的脾气就见长，但在以前，在我们还很“纯真”的年代里，我们对网络一点想法也没有。今天，我们渴望无时无刻地和朋友保持联系，但在从前，我们只是每周，最多每天才和朋友联系一次。但新事物还是源源不断地被我们发明出来，它们给我们带来了新的欲望，新的向往，新的需求，也在我们的思绪里挖出了难以填满的新的沟壑。

有人感到愤怒，不满我们被所造之物如此摆布。他们把这种没有穷尽的升级和变化看作是一种堕落，认为这是对人类高贵尊严的践踏，也是我们不愉快的根源。我同意，科技确实是根源。科技的动向推动我们永远追求“新”，但“新”总是转瞬即逝，在永不停歇的变化中被更新的事物所取代。满足感因此不断从我们的指尖溜走。

但我还是庆幸。庆幸科技元素带来了永无止境的不愉快。我们与动物祖先的区别，在于我们不仅满足于生存，还要疯忙着去创造出前所未有的新欲望。正是这种不满足触发我们创造，推动我们成长。

不在心中制造待以填补的缺憾，我们就无法拓展自己，更无法拓展我们的社会。我们正在拓宽我们的边界，也在拓展存放自我身份的容器。这过程会痛苦不堪，其中定然会有泪水和伤痛。深夜播出的专题广告片和无穷无尽的已被淘汰的科技产品自然难以提升科技，但我们扩展自身的道路本就是平淡乏味，日复一日。因此，当我们展望更美好的未来时，这种种相对的不适也应该考虑在内。

没有不适的世界会停滞不前；某些方面过于公平的世界，也会在其他方面上不公平得可怕。乌托邦中没有问题可烦恼，但乌托邦也因此没有机遇存在。

因为这种悖论，乌托邦永远都不会奏效，我们也因此不会为这个问题担忧。每一种乌托邦的构想，其中都存在使其自我崩溃的严重瑕疵。我对乌托邦的厌恶更深。因为我从未见到让我想在其中生活的乌托邦，总是会感到无聊。而乌托邦的黑暗对立面——反乌托邦，却更加有趣，也更容易想象。毕竟，有谁构想不出一个大灾变中，世界上只剩下了一个人的世界呢？或者这个世界的统治者是机器人领主？抑或是逐渐沦为贫民窟的超级城市行星？甚至最简单的：一场毁天灭地的核大战？这些构想，都是现代文明如何崩溃的无穷可能性。但反乌托邦是不可能仅仅因为具有画面性和戏剧性，并且更加容易想象，就有可能成为现实的。

大部分反乌托邦故事里的瑕疵是其不可持续。消灭文明尤其困难。灾难越剧烈，反乌托邦就消失得越迅速。虽然灾难引发混乱，但应对系统会很快地自组织起来进行应对。我这里只举一个例子：不法分子和黑社会组织似乎会在“大爆发”时横行一时，但他们很快就会被有组织的犯罪和武装所取代。因此，不法分子会迅速变成敲诈犯，而敲诈犯变成腐败政府的速度或许还会更快，因为这一切都能让强盗们的收入最大化。从某种意义上讲，贪婪就可以解决无政府的问题。



真正的反乌托邦和电影《疯狂麦克斯》（*Mad Max*）毫无相似之处，倒更像是旧时的苏联：那里不会无法无天，反而充斥着令人窒息的官僚机构；社会被恐惧所统治，除了得到很少的一点利益之外，大多束缚不前。但就像两个世纪以前的海盗们一样，反乌托邦比外表看上去的更加守法，更有秩序。实际上，在一个真正破败的社会当中，和反乌托邦联系起来的残暴犯罪是严加禁止的。大强盗会让小强盗的数量和混乱程度保持在最低限度。

不过，反乌托邦和乌托邦都不是我们的归宿；我们的归宿会是“进托邦”（*protobia*）。更准确地说，我们已经到达了进托邦。

进托邦并不是目的，而是一种变化的状态，是一种进程。在进托邦的模式里，事物今天比昨天更好，虽然变好的程度可能只是那么一点点。它是一种渐进式的改进，也是一种温柔的进步。进托邦中的“进”（*pro-*）来自于“进程”（*process*）和“进步”（*progress*）。这种微小的进步既不引人瞩目，也不鼓舞人心，极易被我们忽略，因为进托邦在产生新利益的同时，也在制造几乎同样多的新麻烦。今天的问题来自昨天的成功。而对今天问题的技术解决方案，又会给明天埋下隐患。随着时间流逝，真正的利益便在这种问题与解决方案同时进行的循环扩张背后逐渐积累起来。自启蒙时代 [2] 和科学发明时代以来，我们每一年的创造，都比我们每一年的破坏多出那么一丁点。而这少少的积极变化，积累数十年才能进入我们所谓的文明之中。它带来的利益永远不会成为电影中的桥段。

进托邦很难被人察觉的原因，在于它是一种“形成”。它是一种变化方式不断变化的进程。进托邦本身就在变化成别的东西。虽然要我们为一种形态正在转变的软进程（*soft process*）喝彩不太容易，但察觉到它还是非常重要的。



今天，我们对创新的负面已经变得非常敏感，而且对过去种种乌托邦的承诺深感失望，以至于我们变得很难去相信一种进托邦的未来，哪怕它非常温柔，只是一种明天将会比今天前进一点点的未来。想象任何一种我们渴求的未来都会非常困难。不信？那么从科幻作品中为这个星球找到一种既有趣又让人满意的未来（《星际迷航》<sup>[3]</sup>不算，因为它发生在太空里）试试？

能幸福地驾驶飞行汽车的未来不再吸引我们了。和上个世纪不同，今天已没人想要搬进遥远的未来里生活。很多人甚至对其心生恐惧。这让人很难对未来严肃起来。所以我们被束缚在短视的现在，被困在视野不超过下一代人的当前。有些人接受了奇点理论<sup>[4]</sup>信奉者们的展望，即从技术上讲，想象未来100年是不可能的。我们因此对未来盲目。这种盲目或许只是现代社会难以逃避的苦恼。或许在文明和科技进步的这个阶段，我们进入到了一种永恒而无止境的现在，不会有过去和将来。乌托邦、反乌托邦和进托邦统统消失，只有盲目的现在（Blind Now）。

另一种选择是拥抱未来和未来的“形成”。我们所瞄准的未来，是当下就能看到的、“形成”这种进程的产物。我们可以拥抱眼下这些将会成为未来的变化。

恒常的“形成”所带来的问题（特别是在进托邦的龟速前行当中）是，不断地变化会让我们无视其渐进式的变化。在不断的动作当中，我们不会再去注意动作。变化因此是一种能自我掩盖的动作，常常会在我们回顾过去时才显现出来。更重要的是，我们倾向于从旧事物的框架中来观察新事物。我们当下对未来的展望，实际上会曲解新的事物，好让它适应我们已知的事物。这就是为什么最早拍摄出来的电影，都像是戏剧表演一样，而最早的虚拟现实（VR）<sup>[5]</sup>又制作得好像电影一样。这种生拉硬套并不总是坏事。小说家在人类的这种反射中勘探发掘，从而将新事物和旧事物联系起来。但当我们尝试了解将

来会发生什么的时候，这种习惯就会愚弄我们。我们很难感知到正在发生的变化。有时候，这些变化显露出的轨迹似乎不可思议、难以置信，甚至让人感到荒唐透顶，我们因此对其报以轻视。我们只会时常对那些已经发展了20年，甚至更长时间的事物感到惊讶。

我对这种干扰没有免疫力。我曾深度参与30年前在线世界的诞生，也迎接过网络的到来，还见证过这一文化变革迅速结出果实。然而在每个阶段，都很难在当时看到事物未来“形成”的模样。难以置信是家常便饭。有时候，我们察觉不到“形成”的方向，是因为我们并不认同这个方向。

我不认为我们需要无视这种持续进行的进程。最近一段时间，变化的速度已经是前所未有的，这让我们放松了警惕。但现在我们知道，我们是，也将会是永远的菜鸟。我们会更经常地相信那些不太可能的事情。所有事物都在流动，而新的形式将会是旧事物的融合，这种融合与旧有的那些远远不同。通过努力和想象，我们可以学习更加清晰地辨识前方，不再盲目。我写下本书，很大程度上是为了将我们目前变化的状态梳理清楚，并使过去30年中一直向着进托邦缓慢前行的漫长趋势之轨迹显现出来。

让我举个例子，来说明我们通过最近几年网络的历史，可以学习到哪些关于未来的东西。1994年，在网景（Netscape）<sup>[6]</sup>这个图形浏览器点亮网络之前，互联网只有文字，而且对大多数人来说并不存在。它很难使用，没有图形画面，你要输入代码才能够使用它。谁愿意把时间浪费在这么无聊的东西上？如果当时的人们知道互联网的存在，那么无论是企业邮件（和领带一样让人兴奋）还是为青少年开办的俱乐部，都会轻视互联网。尽管它确实存在，互联网还是被人们完全忽略掉了。

任何大有作为的新发明都会有反对者，而且作为越大，反对声也越大。在互联网诞生的黎明阶段，我们不难找到聪明人对互联网说的糊涂话。1994年晚些时候，《时代周刊》如此解释为什么互联网永远不会成为主流：“它并非为商业设计，也不能优雅地容忍新用户。”瞧瞧！1995年2月，《新闻周刊》[\[7\]](#)在标题里怀疑得更直接：“互联网？呸！”（Internet? Bah!）这篇文章的作者是天体物理学家、网络专家克里夫·斯托尔[\[8\]](#)。他认为在线购物和网络社区有违常识，都是不切实际的幻想。他在文章里说：“真相是，在线数据库不会取代报纸。然而麻省理工学院媒体实验室（MIT Media Lab）主任尼古拉斯·尼葛洛庞帝[\[9\]](#)却预测说我们会直接从互联网上购买书籍和报纸。啊，说得多好。”当时，对充满“互动图书馆、虚拟社区和电子商务”的数字世界抱有怀疑是主流的看法，斯托尔用两个字给这种看法下了个结论：“胡扯。”

1989年，在我和美国广播公司（ABC）高层参加的一场会议里，就弥漫着这种轻蔑的气氛。当时我向这群坐办公室的人们展示“互联网这个东西”。他们的情况是，ABC的高管意识到了有事情发生。当时的ABC是世界三大电视台之一，相比之下，那时的互联网就像蚊子一样渺小。但是（像我这样）生活在互联网里的人们一直在说，互联网会毁掉他们的生意。然而无论我告诉他们什么，都没办法说服他们互联网不是边缘事物、不仅仅是打字，而且最重要的是，不仅仅是十几岁的小男孩才用的东西。网络上那些分享行为，那些免费的东西似乎太过不可能。ABC的一位高级副总裁，名叫史蒂芬·怀斯怀瑟（Stephen Weiswasser），把对互联网的贬低定了调。他对我说：“互联网会变成90年代的民用电台。”他后来又对媒体复述了一遍这个论调。怀斯怀瑟对于ABC忽视新媒介的观点的总结是：“被动的消费者是不会变成互联网上的‘喷子’[\[10\]](#)的。”

我被请出了门。但我在离开之前，给他们提了一个建议。我说：“听着，我刚好知道abc.com这个地址还没被注册。快去你们的地下室，找到你们最懂技术的计算机极客，让他立刻把abc.com注册下来。别犹豫，这事值得去做。”他们茫然地向我表示了感谢。一周之后，我又检查了一遍，那个域名还是处在未注册状态。

嘲笑电视领域里的这些梦游者不难，但在为沙发马铃薯<sup>[11]</sup>想象替代方案这件事上，他们不是唯一碰到麻烦的。《连线》杂志也是这样。我是《连线》杂志的创始编辑，而在最近重新审视20世纪90年代早期的《连线》杂志（这些杂志都是我编辑过的，我曾经对它们引以为豪）时，我很惊讶地发现，这些杂志兜售的未来，充满了高产值的内容。这些内容包括：5000个永不关闭的电视频道和虚拟现实，以及来自美国国会图书馆的一堆比特。实际上，《连线》杂志对未来的展望，和ABC这样的广播、出版、软件和电影行业所希望的一样。在这种未来里，网络基本上是以电视的方式运作。只需几次点击，你就能从5000个拥有相关内容的频道（而不是电视时代的5个频道）中选择浏览、学习和观看。从所有时段都在播放的体育比赛，到与海水水族相关的内容，你可以从这些频道中任选一个沉浸其中。唯一不确定的是，谁会给互联网填充内容？《连线》杂志的展望是，他们会是一群类似任天堂和雅虎这样的新媒体初创公司，而不是ABC这样臃肿的旧媒体。

问题是，内容的生产代价昂贵，而5000个频道就会耗费5000倍的成本。没有哪个公司会富有到这种地步，也没有哪个行业能够庞大到这种地步，以成功运营这样的一个企业。本应为数字革命牵线搭桥的大型电信公司，为了应付网络投资而出现的不确定而陷于瘫痪。1994年6月，英国电信（British Telecom）的大卫·奎恩（David Quinn）在一场软件发行商大会上承认：“我不知道你们怎么才能从这里面赚到钱。”向网络填充内容所需的金钱数额巨大，让很多科技评论家陷入惊



慌。他们深忧网络空间（cyberspace）会变成网络郊区（cyburbia）——所有东西的从属和运营，都成为私有。

对商业化的恐惧在实际建造了网络之硬核（hardcore）的程序员群体中尤其强烈。这些硬核程序员是代码作者，是Unix [\[12\]](#) 的拥护者，也是保持特殊网络运转的无私的IT志愿者。这些脾气暴躁的网络管理员认为他们的工作高贵优雅，是天赋人类的恩赐。他们把互联网视作开放的公共场所，不能被贪婪和商业化侵蚀。虽然现在很难相信，但在1991年之前，在互联网上开商业公司被视作不能接受的运用方式，是被严格禁止的。那时的互联网没有电商，也没有广告。在美国国家科学基金会（National Science Foundation，当时负责管理主干互联网，以下简称NSF）的眼里，投资设立互联网的目的是研究，而非商业。当时的规定禁止将互联网“大范围用于私有事物和个人事物”，虽然这在今天看来天真至极，但在当时却颇得公共机构的欢心。在上世纪80年代中期，我参与了早期文本在线系统WELL的建造。我们的私有WELL网络接入新兴互联网之路颇为坎坷，部分原因是NSF的“可接受用途”政策对我们形成了障碍。最终，我们没被允许接入互联网，原因是WELL不能证明其用户不会在互联网上经营商业业务——当时的我们就已经对将要“形成”的东西视而不见了。

甚至在《连线》杂志的编辑部，这种反商业化的态度也弥漫开来。1994年，我们在为《连线》杂志的萌芽期网站“HotWired”举行早先的设计会议时，我们的程序员对我们酝酿的创新（最早期的点击横幅广告）非常失望，认为它破坏掉了这片新领域中前所未有的社交潜力。他们觉得网络很难建立在尿布广告的基础上，并且已经被人下令用榜单和广告破坏掉网络。但在互联网这个新兴的并行文明中，禁止金钱流通是疯狂之举。网络空间里存在金钱是必然的。

但和我们所有人都错失掉的大事相比，这不过是一个小小的错觉而已。

早在1945年，计算机先锋万尼瓦尔·布什 [13] 为网络核心理念——超链接页面列出了大纲。但直到1965年，才开始有人尝试把这个概念变成现实。此人名叫泰德·尼尔森（Ted Nelson），是一名自由思想家。他展望了一个尼尔森版本的超链接计划。不过，在将数字比特应用到比较有用的事物上时，尼尔森则鲜有成就。因此他的努力仅被一群与世隔离的追随者所知晓。

1984年，我在一位计算机专家朋友的建议下，接触到了尼尔森，当时距离第一批网站的出现，还有十年的时间。我们在加州索萨利托（Sausalito）一处阴暗的船坞碰面。他当时在附近租下了一间船库，看上去游手好闲：他的脖子上戴着一支挂在绳子上的圆珠笔，口袋里塞满了叠着的笔记，那些满满当当的笔记本里还露出了长长的纸条。他对我谈起他那整理人类全部知识的计划时，热切得让下午4点的酒吧都有些不合时宜。方案就写在那些尺寸被裁成3\*5比例的卡片上，而这样的卡片，他还有许多。

尽管尼尔森彬彬有礼，和蔼可亲，但对于他的谈话，我的脑子还是有些赶不上趟。不过，我还是从他那关于超文本的奇特想法里收获到了不少惊喜。尼尔森确信，世界上所有的文档，都应当是其他文档的注脚，而计算机应该让这些文档间的联系变得清晰可见，永不间断。这在当时是一种全新的理念。但那还只是开始！他在检索卡片 [14] 上草草涂写出了他所说的“文档宇宙”（docuverse）中的好几种复杂概念。这些概念包括如何将著作权转回给创作者，以及当读者在存放文档的网络中挑挑拣拣的时候怎样追踪支付。“嵌入”（transclusion）和“互偶”（intertwingularity）这些术语，就是他在描述他设计的嵌入式结构会带来怎样的庞大犹如乌托邦似的好处时说出来的。而这种结构，将会把世界从愚昧中拯救出来！

我相信他。虽然尼尔森行事古怪，但我很清楚，一个充满了超链接的世界是未来某天将会实现的必然。在网络中生活了30年后，现在

回想起来，我对网络之起源感到最吃惊的，是在万尼瓦尔·布什的预见、尼尔森的文档宇宙，尤其是我自己抱有的期望里，我们错失掉了多少东西。我们都错失了一件大事。关于超文本和人类知识相关的变革，只是网络变革的边缘。这场变革的核心，是一种全新的参与方式。这种参与方式已经发展成了一种建立在分享基础上的新兴文化。通过超链接所实现的“分享”方式，又创造出了一种全新的思想。这种思想一部分来自人类，一部分来自机器，前所未有，举世罕见。网络已经释放出了新的变化。

不仅是过去，我们没能想象出网络会变成什么样子，直到今天，我们仍然看不清网络变成了什么样子！我们把网络绽放出的奇迹当作理所当然。诞生20年后，网络已经广袤到难以测探。包括那些根据要求临时创建的页面在内，网页的总数量已经超过60万亿。平均到每个在世的人身上，就是接近一万个页面。而这些网页，全都是在过去不到8000天里创造出来的。

这种从一点一滴积攒出来的奇迹，会让人们对已取得的成就感到麻木。今天，通过任何一个互联网的窗口，我们都能得到各种各样的音乐和视频、全面透彻的百科全书，还能查看天气预报，帮助那些需要我们的广告，观看地球上每一个角落的卫星照片，跟踪全球最前沿的资讯。此外还有：纳税申报表、电视指南、导航路线、实时股票信息、电话号码、能虚拟体验的房地产交易信息、世间万物的照片、体育比赛比分、购买几乎任何东西的电商、重要报纸的存档，等等。而获取他们所耗费的时间，几乎为零。

这种视角如上帝般不可思议。仅需几下点击，你对世界上某一点的观察，就可以从地图转换成卫星照片，继而再转换成3D图像。想回顾过去？网上就有。你还可以聆听所有发微博、写博客的人每天的抱怨和说辞。我怀疑，天使观察人类的视角是否能够比这更好。

我们为什么不对这种满足感到惊讶呢？古代的国王们可能会为了获得这些能力发动战争。而从前，只有小孩子还会梦想着这样一扇充满魔力的窗户会成真。我曾经回顾过专家们对未来的期待，而我能肯定的是，没有任何人把这种物质全面丰富、按需取用而且完全免费的时代考虑进他们对未来20年的计划当中。在当时，任何蠢到把上述一切鼓吹成是不久后的未来的人，都会面临这样一套论据：全世界所有公司的投资加起来，所得到的钱也不够供养这样一个聚宝盆。网络今日取得的成就，在当时看来是不可能的。

但如果我们对过去30年有所了解的话，这种不可能就显得更加合理了。

泰德·尼尔森那关于超文本嵌入的复杂草图中，并没有想象到会有一个虚拟的跳蚤市场出现。尼尔森设想中的Xanadu超文本系统，规模就好像那些自家经营的小咖啡馆一样，不用Xanadu，你就写不了超本文档。但恰恰相反，网络蓬勃发展出了eBay、Craigslist [\[15\]](#)、阿里巴巴这样的全球跳蚤市场，每年经手的交易量，就有数十亿美元。而这些跳蚤市场运作的地方，恰恰就在你的卧室里。令人惊讶的是，大部分工作是由用户完成的：他们拍摄图片，分类信息，更新内容，宣传他们自己的产品，甚至管理他们的也是他们自己。虽然网站会联系当局逮捕恶意滋事的用户，但保证公平的主要方法，则是一个由用户产生评价的系统。30亿条反馈评论，就能创造出奇迹。

我们都没能看到，这个在线的美丽新世界，是怎样被用户制造出来的。脸谱网、YouTube、Instagram和推特所提供的全部内容，无一来自它们的员工，而是来自它们的受众。亚马逊的崛起令人咋舌，原因不是它变成了“万货商店”（这点不难想象），而是因为亚马逊的顾客（其中就包括你和我）争先写下的评论。这些评论使得用户在网站商品的长尾中选购变得可行。今天大部分重要软件的制作人，都不会去做问询台的工作。那些热情的顾客会在公司的产品支持论坛页面上



向其他顾客提供建议和帮助，向新用户提供高质量客服服务。通过普通用户组成的巨大杠杆，谷歌公司得以将每月900亿次搜索所带来的流量和连接模式转变为新经济中有组织的智能。同样，没有任何人在对未来20年的预见中，看到这种自下而上的变革。

YouTube和脸谱网上的视频无穷无尽，没有任何一种网络现象比这更能让人感到困惑。媒体专家们对受众的全部了解都加强了一种观念，即受众永远不会抬起屁股给自己找点乐子（他们了解的确实不少）。就像那个ABC大佬说的那样，用户就是一群沙发上的马铃薯。所有人都觉得写作和阅读已死；所有人都觉得，当你能安坐下来聆听音乐的时候，创作音乐就太过麻烦了；所有人还觉得，业余者根本不会制作视频——用户产生的作品永远不会大规模实现；就算实现了，一个受众也吸引不来；就算吸引来了受众，也无关痛痒。那么，当你目睹在21世纪最初10年的开端里，5000万个博客几乎瞬间爆发出来、每秒钟都有两篇博客发布出来的场景之后，就会感慨这有多么震撼了。之后的几年，用户制作的视频又以每天65000条的速度上传到了YouTube，2015年的每一分钟都会迸发出300个小时长度的视频[\[16\]](#)。而在最近几年，各种各样的警告、窍门和新闻标题又源源不断地爆发了出来。每个用户都在做着那些在ABC、AOL和《今日美国》（以及所有人）的希望中，只有ABC、AOL和《今日美国》才能做的事情。这些用户创造出的频道在经济方面毫无意义。制作它们的时间、能量和资源来自哪里呢？

答案是：来自受众。

参与行为所携带的营养推动普通大众在撰写免费百科全书、制作平光轮胎更换的免费教程，以及分类整理参议院投票这类事情上，投入大量精力和时间。这种模式在越来越多地支撑网络运转。几年前的一项研究发现，只有40%的网络内容是以商业形式创造出来的。支撑人们创造其余部分的，不是责任，就是激情。

这种朝着用户参与的突然转变，从那个认为规模化生产的商品优于任何手工产品的工业时代走出来，这种朝向用户参与的突然转变可谓一种惊喜：“我们曾经以为业余爱好者自己动手制作东西这种事，在那个马和马车的时代就早已消亡了。”对于制作东西和更加深入互动的热情，而不只是做出选择，是一种巨大的力量。虽然在数十年前，这种力量已经逐渐发展，但我们却未曾意料到，也未曾看到它。这种对于参与的原始冲动已经扭转了经济，并且还将在社交网络的氛围（众愚成智、蜂巢思维和协作行动）中稳步转换成社会的主流。

当一个公司像亚马逊、谷歌、eBay、脸谱网以及大部分大型平台那样，通过公共API将其部分数据库开放给用户和其他初创公司的时候，就已经开始在新的层面上鼓励用户参与了。运用这些能力的人们将不再是公司的顾客，而会为公司分担开发、销售、研发和市场工作。

用户和受众参与网络的方式不断进步，不断更新。这让网络把自己植入到了这颗星球上的每一项活动和每一寸土地中。实际上，在今天看来，人们对于使用网络会远离主流的焦虑看上去非常古怪。1990年，人们担心男性会在互联网上占据主导地位，但这担心完全多余。2002年，大家都错过了一个值得庆祝的时间点：当时，在线女性的人数第一次超过了男性。而在今天，网民中有51%是女性。当然还有一点，互联网不是，也从来不是青少年们的国度。2014年，互联网用户的平均年龄大约是44岁——这岁数的人腿脚已经开始不灵活了。

在全面接受网络这件事上，有什么例子会比阿米什人 [\[17\]](#) 也采用了互联网更有说服力呢？最近，我一直在访问几个阿米什农民。说他们老套并不过分：戴草帽、蓄胡须，妻子都还戴着19世纪风格的套头帽；他们不用电，不用电话，不看电视，外出则乘坐马车。阿米什人以抵触科技闻名，但这名不副实。实际上，他们只是很晚才采用了科技而已。当我听到他们提起自己的网站时，吃了一惊。

“阿米什网站？”我问道。

“给我们家生意做广告用的，我们的商店里会焊些烧烤架卖。”

“这样啊，可是……”

“哦，我们会在公共图书馆用网络终端，我们还会用雅虎。”

到此，我知道网络带来的转变已经完成，我们都在向着更新的方向变化。

畅想未来30年，网络会变得怎样激动人心时，我们不免首先想到网页2.0——就是更好的网页。但是2050年的网络不会是更好的网页，它会变成别的东西，和今天网络的差距就像是最初的网络和电视的差距一样。

严格来说，今天的网络从技术角度上可以被定义成我们通过搜索引擎搜索到的一切。也就是说，今天的网络就是所有可以访问到的超链接文件。但在今天，数字世界的大部分都不能用搜索引擎搜索到。脸谱网、手机应用、网络世界，甚至是一段视频里发生的很多事情，今天的搜索引擎都无能为力。但在未来的30年中不会是这样。超链接的触手会不断延伸，把所有的比特连接起来。一个主机游戏 [\[18\]](#) 里发生的事件会像新闻一样搜索即得。你还能寻找一段YouTube视频里发生的事情。而只要说出你想从手机里找到姐姐收到录取通知书的那一刻，网络就会帮你搜索出来。

超链接还会延伸到实体当中，无论人造还是天然。把一块几乎免费的小芯片嵌入产品中，就能让你对你的房间，甚至整栋房子展开搜索。这种迹象已经出现。我可以用手机操作恒温器和音乐播放器。再过30多年，整个世界都会和我的设备交织在一起。毫无疑问，网络将会延伸到这颗星球的各个物理维度。

它还会延伸进时间。今天的网络显然忽视了过去。我或许能让你看到埃及塔希尔广场(Tahir Square)的实时流媒体影像，但想看到一年前的广场几乎不可能。浏览特定网站的早期版本特别不容易。但在未来30年中，就会出现能让我们查看过去任一版本的“时间机器”。就像你的手机可以加入过去几天、几个月乃至几年的交通数据来改善导航一样，2050年的网络也会充满了来自过去的内容。而网络本身也会延伸到未来中去。

从睡醒睁眼的那一刻起，网络就会尽力预测你的意图。在记录了你的日常生活后，网络会尝试先你一步：在你提问前就给出答案；在你开会前就给出文件；在你和朋友吃饭之前，就根据天气状况、地理位置、本周吃了哪些东西、上次和朋友见面吃的什么等等你会考虑的因素推荐出最完美的地点。

你还能和网络对话。你不用在手机上翻找朋友们的一堆照片，而只要向网络提起一个朋友，它就会预测出你希望看到哪些照片，还会根据你的反应，为你展示更多或者从另一个朋友那里拿来一些东西。又或者，你马上就要奔赴下一个会场，这时网络就能选出两份你必须看的电子邮件。

网络会越来越像是一种存在，而非20世纪80年代大名鼎鼎的赛博空间那种你会前往的地点。它会像电一样，成为一种低水平的持续性存在。它无处不在，永远开启，暗藏不现。到2050年，我们会把网络理解成一种场景。

这种强化后的场景会释放出许多新的可能性。然而数字世界已经膨胀出了许多选项和可能。在未来几年里，网络似乎已经没有全新事物的落脚之处了。

你能想象在1985年，也就是互联网时代的黎明，当一个充满雄心壮志的创业者，是件多么棒的事么？那时，你可以得到任何你想要的

域名，还不用承担任何成本。这么好的机遇持续了很多年。1994年，《连线》杂志的一个记者发现mcdonalds.com没被注册后，在我的鼓励下注册了下来。之后，他尝试把域名送给麦当劳，但没有成功。不过，麦当劳对互联网的无知是个很有意思的故事，它后来变成了《连线》杂志上非常有名一篇文章。

当时的互联网还是一片广袤的处女地。无论你选择做什么，都能轻而易举地成为第一。消费者的期望不多，行业的壁垒又极低。做一个搜索引擎！当开网店的第一人！播放业余爱好者拍的视频！当然，这些都是当时。

现在看来，前几波的开拓者好像已经开疆拓土，把每一个可能的角落都开发得一干二净。他们留给今天这些后来者的，似乎只有困难和苦涩。30年后，互联网似乎会充斥着App、平台、设备和远远超过我们未来一百年的注意力所需求的内容。就算你能通过小小的创新榨出油水来，在那种极大丰富的环境里，又有谁会注意到呢？

但是问题在于，仅就互联网而言，什么都还没有发生呢！互联网仍然处在开端的开端。它只不过在变化而已。如果我们能够乘坐时光机前往30年以后，再从那时的视角来回顾现在，我们就会意识到，在2050年，大部分运转人类生活的伟大产品，在2016年以前，都还没被发明出来。未来的人们查看的会是全息投影，佩戴的会是虚拟现实隐形眼镜，呈现的会是可以下载的形象，操作的会是人工智能界面。他们回溯时会说，哦，你们那会还没真正地拥有互联网呢（没准互联网在未来已经有了别的名字了）。

那些未来人说得没错。因为从我们现在的角度来看，本世纪前半叶最伟大的网络事物已经出现在我们面前。只不过那些奇迹般的发明都在等着一个狂人以他的卓识远见来点化我们去采摘那些累累果实——这情形，就像是1984年的那些.com域名一样。

那些未来人说得没错。因为在2050年，会有另外一个白胡子老头问你：你能想象在2016年当一个发明家会有多棒吗？那是一片广袤的处女地！你随便找个什么东西，都可以加上人工智能，上传到云里面去。那时的设备里不像现在，传感器成千上百，很少有超过一两个的。那时的期望不多，壁垒很低。成为第一轻而易举。

而到那时，未来的人们会感慨：“唉，我们要是意识到那时有多少可能性该多好！”

所以真相就是：此时此刻，今天，2016年，就是创业的最佳时机。纵观历史，从来没有哪一天会比今天更适合发明创造。从来没有哪个时代会比当前、当下、此时此刻更有机遇，更加开放，有更低的壁垒、更高的利益风险比、更多的回报和更积极的环境。未来的人们回顾此刻时，会感慨道：“哦，要是活在那时该有多好！”

过去30年已经开创出了不可思议的起跑线——可以建造真正伟大事物的坚固平台。但即将到来的将会不同，将会超越现在，将会成为他物。而最酷的东西尚未发明出来。

今天确实是一片广袤的处女地。我们都正在“形成”。这在人类的历史上，是绝无仅有的最佳开始时机。

你没迟到。

---

[1] 美国科技博客Techcrunch报道过，iPhone应用的平均寿命少于30天。——译者注

[2] 指在17世纪~18世纪欧洲地区发生的一场知识及文化运动，该运动相信理性发展知识可以解决人类实存的基本问题。人类历史从此展开在思潮、知识及媒体上的“启蒙”，开启现代化和现代性的发展历程。——译者注

[3] 《星际迷航》（Star Trek）是美国的科幻影视系列。主要描述詹姆斯·T·柯克上校与联邦星舰进取号舰员们的星际冒险故事。——译者注

[4] 奇点理论（Singularity）是一个根据技术发展史总结出的观点，认为技术发展将会很短的时间内发生极大而接近于无限的进步。这一事件不可避免，而且转折点来临的时候，



旧的社会模式将一去不复返，新的规则开始主宰这个世界。而后人类时代的智能和技术我们根本无法理解，就像金鱼无法理解人类的文明一样。——译者注

[5] 虚拟现实（Virtual Reality），简称VR技术，是利用电脑模拟产生一个三度空间的虚拟世界，提供用户关于视觉、听觉、触觉等感官的模拟，让用户如身历其境一般，可以及时、没有限制地观察三度空间内的事物。——译者注

[6] 网景浏览器（Netscape Navigator），是网景通信公司开发的网络浏览器，曾在20世纪90年代一度领先浏览器市场，后来在与微软IE浏览器的竞争中失败。Firefox浏览器的前身是网景浏览器的开源版本Mozilla。——译者注

[7] 《新闻周刊》（Newsweek），在美国和加拿大发行的新闻杂志，一度是仅次于《时代周刊》的美国第二大新闻类杂志。——译者注

[8] 全名克利福德·斯托尔（Clifford Stoll），曾在劳伦斯-伯克利国家实验（Lawrence Berkley National Laboratory）担任网络管理员，并领导逮捕了20世纪80年代的著名黑客马库斯·赫斯（Markus Hess）。——译者注

[9] 尼古拉斯·尼葛洛庞帝，美国著名计算机学家，美国著名投资人，代表作有《数字化生存》（Being Digital）。——译者注

[10] “喷子”的原文为troller，英美国家的网络用语，意为在互联网争论中故意散布垃圾信息和虚假信息的人。该词有时还有中文网络用语中“钓鱼”的含义，即在网络上故意散布虚假信息吸引人认同，然后对其嘲笑。——译者注

[11] 美国俚语，指长时间坐在沙发上看电视的人。因为这类人体型大多肥胖，因此绰号“沙发马铃薯”。——译者注

[12] Unix操作系统（尤尼斯），是一个强大的多用户、多任务操作系统，支持多种处理器架构，按照操作系统的分类，属于分时操作系统，最早由Ken Thompson等人于1969年在AT&T的贝尔实验室开发。——编者注

[13] 万尼瓦尔·布什（Vannevar Bush），美国著名工程师，二战期间为曼哈顿计划发挥了巨大的政治作用。他在一篇文章中提出memex概念，可以看成是现代万维网的雏形。——译者注

[14] 依照一定编目规则记录图书资料的卡片，记录信息的卡片一般存放在图书馆卡片目录柜中供借阅者查询使用，是计算机普及前的主流图书馆检索方式之一。——译者注

[15] 美国最大的信息分类网站。——译者注

[16] 数据来自Youtube官方网站。

[17] 阿米什人是基督新教再洗礼派门诺会中的一个信徒分支，以拒绝汽车及电力等现代设施，过着简朴的生活而闻名。——译者注

[18] 即通过游戏主机链接电视进行的电子游戏。——译者注

## 第2章

# 知化 Cognifying

很难想象有什么事物会像廉价、强大、无处不在的人工智能那样拥有“改变一切”的力量。首先，没有什么比把迟钝的东西变聪明更富有成效。在某个现有进程中植入极少量有效的智能都会将其效率提高到全新水平。我们在知化 [1]，没有生气的物体后会得到许多的好处，而这对日常生活的颠覆将是工业化的百倍。但是让东西变智能不会带来极乐世界。与开发先前各种能源时一样，我们将把人工智能浪费在那些看上去愚蠢的事情上。当然，我们会运用综合智能解决诸如治愈癌症之类的科研难题，或是某个棘手的技术问题，但是把机敏的头脑置入普通事物之中才能带来真正的颠覆，这些事物可以是自动贩卖机、鞋子、书、报税单、卡车、电子邮件、手表以及手机。我们的日常行为将被彻底改变。

理想情况下，这种额外的智能只是廉价还不够，还应当完全免费。一项免费的人工智能技术和网页上的免费公共内容一样，比其他任何我们能想到的事情更能满足商业和科学的需求，并且很快就能自给自足。直到最近，传统的看法认为，超级电脑将首先成为这种人工心智的载体，然后是家中的个人电脑，接着我们会把它放进我们的个人机器人中。人工智能将是一些有界限的实体，而我们能清楚地区分我们和它们的思维。

事实上，真正的人工智能不太可能诞生在独立的超级电脑上。它会出现网络这个由数十亿电脑芯片组成的超级组织中。它将是轻巧、嵌入式的，没有固定形态，并且内部的联系松散。把它的思维和我们的区分开会很困难。任何与这个网络人工智能的接触都是对其智



能的分享和贡献。这种人工智能连接了70亿人的大脑、数万兆联网的晶体管、数百艾字节 [2] 的现实生活数据以及整个文明的自我修正反馈循环。那种单独的人工智能无法像它一样快速而聪明地学习。因此网络本身将会知化为一种完善速度惊人的事物。过时的独立综合智能技术可能会被看作是有缺陷的，它对于远离机动性人工智能的人来说简直是种惩罚。

当这种新兴人工智能问世的时候，它会由于无处不在，反而让人们无法察觉。我们会利用它不断增长的智慧处理各种单调的杂活，但它却无影无形。我们将能够通过地球上任何地方的电子屏幕，用数百万种方式获得它分布在各处的智能，因此很难说它到底在哪里。还因为这种综合智能结合了人类的智能（包括所有人类过去的智慧以及所有互联网上的人），要准确地指出它到底是什么也很困难。它是我们的记忆，还是我们的一种共识？是我们在搜索它，还是它在寻找我们？

人工智能思想的到来加速了本书中描述的其他所有颠覆性趋势的进程，它在未来世界中的威力与曾经的“铀元素”相当。我们可以肯定地说，知化是必然的，因为它已经近在咫尺。

大约两年前，我长途跋涉来到IBM研究实验室位于纽约州约克敦海茨的林间园区，想要尽早一窥让人期待已久的人工智能的到来。在2011年的《危险边缘》 [3] 中夺魁的超级电脑“沃森”就诞生于此。最初的沃森电脑仍被留在这里，它与一间卧室体积相当，10台貌似柜式冰箱的机器围成了四面墙，通过中间的微小孔隙，技术人员得以操作机器背后的电线和电缆。里面的温度高得出奇，让人觉得这个机群是活生生的。

如今的沃森与从前大不一样。它不再仅仅存在于一墙机柜当中，而是在大量开放标准的服务器之间传播。这些服务器可以同时运行上

百个人工智能项目。只要能用手机、台式机或是自己的数据服务器连上沃森，它就像所有云端化的事物一样，同时为世界各地的客户提供服务。这类人工智能的规模可以根据需求进行调整。由于人工智能会随着人们的使用自我改进，沃森将越来越聪明，它在一个项目中习得的东西能够被立即运用到其他项目上。它并非一个单独的程序，而是多种软件引擎的集合，其逻辑演绎引擎和语言解析引擎可能使用不同的代码，分别在不同地点的不同芯片上运行，而所有这些都汇集成一条统一的“智能流”。

消费者可以直接连入这个不断运转的智能系统，也可以经由使用这个人工智能云端的第三方应用程序连入。就像许多聪明小孩的父母一样，**IBM**希望沃森从事医学工作，因而他们正在开发的应用程序中有一款是医疗诊断工具并不奇怪。之前，与诊断有关的人工智能尝试都以惨败告终，但是沃森确有实效。简单地说，当我告诉它自己在印度感染的某种疾病的症状后，它给我一张按照得病可能性由高到低排列的疾病推断清单。它声称我最有可能感染了贾第鞭毛虫，结果确实是这样。这项专门技术还未对病人直接开放，**IBM**让合作伙伴使用沃森的智能，帮助他们开发供病人预约医生和医院的用户友好界面。“我相信类似于沃森这样的机器（人）将很快成为世界上最好的诊断专家，”**Scanadu**公司 [\[4\]](#) 的首席医疗官艾伦·格林（Alan Greene）说道。这家创业公司受到《星际迷航》中医用三录仪的启发，正在借助沃森的人工智能制造一种诊断设备。他还说，“从人工智能技术的发展速度来看，现在出生的孩子在成年后可能很少需要依靠医生来诊断了。”

医学只是个开端。所有的主流云公司加上几十家创业公司都争先恐后地启动类似于沃森提供的认知服务。根据量化分析公司**Quid**的数据，自2009年以来，人工智能已经吸引了超过170亿美元的投资。仅2014年，322家拥有类似人工智能技术的公司获得的投资就超过20亿美元。脸谱网和谷歌都为自己的人工智能研究团队招募研究员。2014年以来，雅虎、英特尔、**Dropbox**、领英、**Pinterest**以及推特都收购了人

工智能公司。人工智能领域的民间投资在过去4年里平均每年增长62%，这个速度还会持续下去。

总部位于伦敦的DeepMind是谷歌收购的早期人工智能公司之一。2015年，DeepMind的研究人员在《科学》杂志上发表了一篇文章，描述了他们如何教人工智能程序玩20世纪80年代的街机类电子游戏，比如“电子弹珠台”（Video Pinball）。他们教它学习玩游戏的方法，而不是具体游戏的玩法，二者有着根本的区别。他们只是打开基于云端的人工智能，放手让它去玩雅达利（Atari）公司的游戏——例如Pong的变种Breakout，它会学着如何不断提高分数。从实验记录影像上可以看出，人工智能的进步速度惊人。起初，人工智能几乎是在随机地玩，但它在逐渐进步。半小时后，每4次操作，它才失误1次。一小时后，它在第300局游戏中做到了零失误。之后，它继续飞快地学习，以至于在第二个小时里，它算出了Breakout中的一个漏洞，而此前数百万人类玩家都没有发现。利用这个漏洞，它可以通过打通一面墙赢得游戏，这连游戏开发者也没想到。在没有DeepMind开发者指导的情况下，一种叫做“深度强化机器学习”（deep reinforcement machine learning）的算法在接触49个雅达利游戏数小时后，能在其中约一半游戏中打败熟练掌握游戏的人类。

在所有这些活动中，一幅未来人工智能的图景正浮现出来，它既不像哈尔9000（HAL 9000）这个由非凡（却有嗜杀倾向）的类人意识驱动的独立机器，也不像奇点<sup>[5]</sup>论者（Singularitan）迷醉的超级智能。即将到来的人工智能更像亚马逊的网络服务——廉价、可靠、工业级的数字智能在一切事物背后运行，除了闪现在你眼前的短暂时刻，它近乎无影无形。这种常见的设施会根据你的需求提供你想要的智能水平。即使人工智能改变了网络、全球经济以及文明，它也会像所有设施一样让人感到极度无聊。就像一个多世纪前电力所做的那样，它会让没有生气的东西活跃起来。如今我们将知化从前所有被电气化的东西。新的实用人工智能还会通过加深我们的记忆力，加速我

们的认识能力等方法来强化个体以及全体人类的能力。通过注入额外的智能，我们几乎想不到什么东西不能变得新奇、不同和有趣。事实上，我们可以轻而易举地预测接下来10000家创业公司的商业计划：挑选一个领域并加入人工智能。

关于加入人工智能的神奇力量，摄影术是个很好的例子。20世纪70年代，我是个拖着笨重的摄影器材到处奔波的旅游摄影师。除了背包中的500卷胶卷外，我还扛着两个铜制尼康机身，一个闪光灯以及5个奇重无比（每个1磅）的玻璃镜头。光线暗的时候得用“大镜头”捕捉更多的光。摄影术要求一台用复杂而惊人的机械工程手段制造的密封相机在千分之一秒内聚焦、测量以及折射光线。那么后来的情况呢？如今我使用的尼康傻瓜相机的重量几乎可以忽略，在近乎黑暗时也能拍摄，焦距能从我的鼻尖一直延伸到无限远。显然，我手机里的相机更轻、更易用并且能和又重又老的家伙拍摄同样质量的照片。新相机体积更小、反应更快、声音更小且更便宜，这不仅是微型化造成的，还因为许多传统相机的功能被智能因素取代，摄影术被知化了。当今的手机照相机通过加入算法、计算以及智能成分淘汰了层层笨重的镜头，完成了物理镜头过去所做的工作。这些新相机使用无形的智能因素取代物理快门。而暗房和胶卷则被更多计算以及视觉智能因素取代。甚至有一种没有镜头的纯平相机，其中，纯平的光传感器代替了镜头，利用疯狂的计算识别能力，根据照在不聚焦的传感器上的不同光束，计算出一张图片。知化摄影术的结果是革命性的，它使得相机能塞进各个角落（太阳镜的镜框中、衣服上的某个色块中、写字的笔中），并能做更多事，如3D或高清计算以及其他曾经需要数十万美元以及一卡车设备才能进行的工作。现在，知化的摄影几乎成了任何设备都能完成的附带功能。

类似的转变将会发生在其他任何一个领域中。拿化学来说，一桌子盛满溶液的瓶瓶罐罐操作起来得费不少力气。移动原子岂不是更费劲？加入人工智能后，科学家们可以进行虚拟化学实验。他们在多如

天文数字的化学结合中精挑细选，决定哪些更有希望成功，值得放在实验室中检验。语言学也有可能，比如把人工智能加入语言中，收录过去100年来书籍、杂志和报纸中出现过的数以亿万计的词，然后据此追踪新词的诞生。用这种智能可以打造全新的商标名。把人工智能用在法律上，用它在堆积如山的文件中寻找证据，识别案件中的矛盾，或是对法律论据的使用提出建议。

能够结合人工智能的行业多到数不尽。越是看似不可能的行业，加入人工智能带来的影响会越大。知化的投资呢？像Betterment和Wealthfront这样的公司已经投入实践。他们运用人工智能分析股票指数，优化避税方案或者平衡投资组合的持有比例。这些是一个职业基金经理每年会进行一次的工作，而人工智能每天或每小时都能做。

以下是另一些看似不太可能，却有望得到认知加强的领域：

知化的音乐——人们能运用各种算法即时创作电子游戏或虚拟世界中的音乐。音乐的变化取决于个人的操作。人工智能将为任意玩家创作数百小时的个性化音乐。

知化的洗衣——机器自动识别各类衣物的洗涤方式。智能衣物将指挥洗衣程序根据每次放入的衣物自行调整洗衣方案。

知化的营销——读者或观众个人关注一个广告时，其社会影响力能够成倍提高广告的关注程度（取决于跟风的人数以及影响力的大小）。商家利用这一点，优化每一份投入的关注度和影响力。当规模达到百万级别时，这项工作由人工智能完成。

知化的房产——人工智能匹配买方和卖方，并能够提示“喜欢这间公寓的租户还喜欢哪些房子等”。它还能根据你的个人经济状况生成一份财务计划。

知化的护理——遍布病人全身的传感器从早到晚地工作，提供高度个性化的护理方案，并每天做出调整和细化。

知化的建造——复杂工程项目和其众多子项目能被即时纳入计划表，使工程速度和预算得到优化。想象一下，一个足够智能的项目管理软件，不光能考虑设计改动，还会考虑天气、港口交通延误、汇率、意外事故等因素。

知化的伦理——自动驾驶汽车需要被事先教授优先级和行为规范。在考虑司机之前，它们或许应当首先保证行人的安全。任何依赖准则的真正自主事物都需要智能的伦理规则。

知化的玩具——玩具更像宠物。类似宠物的玩具对孩子深深的吸引力是菲比娃娃完全无法相比的。能交谈的玩具更受青睐。或许第一款真正的大众机器人就是一个洋娃娃。

知化的体育——智能传感器能带来新的计分和裁判方式。并且，我们每秒就从运动员身上提取高度细精化的数据，用来打造一个精华版虚拟体育联赛。

知化的编织——谁知道呢？但它迟早会出现！

世界的知化是一桩正在发生的重要事件。

2002年左右，我参加了谷歌的一个小型聚会。当时的谷歌是一家专注搜索的小公司，还未首次公开募股（IPO）。期间，我与谷歌出色的联合创始人——拉里·佩奇（Larry Page）交谈时说道：“拉里，我搞不懂。已经有这么多家搜索公司，干嘛还要做免费网络搜索？这主意有什么好的？”我当时因为缺乏想象力而无法做出正确地判断，这恰好有力地证明了预测是困难的，尤其是预测未来。但我得为自己辩解一下，那是在谷歌加强广告拍卖方案并盈利之前，更别提后来发生的



包括YouTube在内的任何一宗大型收购。在所有谷歌搜索网站的狂热用户中，我不是唯一一个认为它撑不了多久的人。然而佩奇的回答让我一直难忘：“哦，我们其实在做人工智能。”

关于那次谈话，我在过去几年里想了很多。期间除了DeepMind外，谷歌还收购了另外13家人工智能和机器人公司。乍看，你会认为谷歌正通过扩充人工智能方面的投资组合改善自己的搜索能力，毕竟搜索贡献了它总收入的80%。我认为事实恰恰相反。谷歌正利用搜索改善它的人工智能，而不是用人工智能强化它的搜索能力。每当你键入一个查询词，点击一个搜索引擎生成的链接或是在网上创建一个链接，你都是在训练谷歌的人工智能。当你在图片搜索栏输入“复活节兔子”（Eastern Bunny），就在告诉人工智能复活节兔子长什么样。谷歌每天处理的121亿次查询是在一遍又一遍地训练深度学习型人工智能。随着对人工智能算法的稳步改进，加上千倍的数据量以及百倍的计算资源，再过10年，谷歌将拥有一款无可匹敌的人工智能产品。我的预测是：到了2026年，谷歌的主营产品将不再是搜索，而是人工智能。

这个观点自然会遭到质疑。因为近60年来，人工智能的研究者都预测人工智能时代近在咫尺，然而直到几年前，人工智能似乎还是遥不可及。人们甚至把这个缺乏研究成果，更缺研究资金的时代称作人工智能的冬天。事情真的改变了吗？

是的。近期的三大突破将开启人们期待已久的人工智能时代。

## 廉价的并行计算

思考是人类固有的一种并行过程。我们大脑中的数百亿神经元同时激发，制造出用于计算的同步电波。建立一个神经网络——人工智能软件的基本结构，同样需要各个进程同步运行。神经网络中的一个

节点大致类似大脑中的一个神经元，它能通过和周围节点的互动弄清接收到的信号。一个程序想要辨认出某个口语词汇，必须听到所有音素以及它们之间的关系，想要识别出某幅图片，必须同时看见每个像素以及它和周围像素的关联。这两者都是深度并行任务。但是直到最近，典型的计算机处理器每次还是只能执行一项命令。

十多年前，情况开始改变，当时出现的一种叫做图形处理器（graphics processing unit）或GPU的新型芯片是为了满足电子游戏中大量的视觉并行需求而设计的。游戏里的一张图片中包含的数百万像素需要在一秒内被多次重新计算，这就需要在主板上增加一块专门的并行芯片作为辅助。并行图像芯片运行效果极佳，电子游戏也大受欢迎。到了2005年，投入大量生产的GPU的价格已经与一般商品相当。2009年，吴恩达（Andrew Ng）和斯坦福大学的一个研究团队意识到GPU芯片可以并行运行神经网络。

这项发现让神经网络的节点之间能拥有上亿的连接，开启了神经网络新的可能性。传统的处理器计算拥有一亿节点的神经网络的级联可能性需要数周时间。吴恩达发现，一个GPU集群一天内就能完成同样的任务。如今，在GPU集群上运行神经网络被应用云计算的公司当作常规技术使用，如脸谱网用它来识别你照片中的好友，而Netflix [\[6\]](#) 用它为超过5000万订阅用户推荐靠谱的内容。

## 大数据

每种智能都需要接受训练。尽管基因决定了人的大脑善于给事物分类，但人脑仍需要看过数十个实例才能区分猫和狗。人工心智更是如此。哪怕是程序编得最好的电脑也要对弈至少1000局国际象棋后才会有良好表现。人工智能之所以获得突破，部分是因为对全世界令人



难以置信的海量数据的收集为人工智能提供了训练的条件。大规模数据库、自我追踪、网页cookies、网上足迹、太字节（TB）级别的存储、几十年的搜索结果、维基百科以及整个数字世界都成了让人工智能变聪明的老师。吴恩达这样解释道：“建设人工智能就像造一艘火箭飞船，需要一个巨大的引擎和许多燃料。飞船的引擎是各种学习型算法，而燃料是我们提供给这些算法的大量数据。”

## 更好的算法

数字神经网络在20世纪50年代就被发明出来，但是计算机科学家花费了几十年时间学习如何驾驭数百万甚至数亿神经元之间多如天文数字的组合关系。其中的关键在于将神经网络组织成叠层（**stacked layers**）。可以用相对简单的人脸识别任务举例。当神经网络中的一组数位被发现能触发某种图案，比如一只眼睛的图像,这个识别的结果（“啊，是只眼睛！”）会被移到神经网络的下一层级做进一步解析。下一层级可能会将双眼归在一组，并把这个有意义的数据块传到层级结构的更下一层级，该层级能够将双眼和鼻子的图案关联在一起。识别一张人脸可能需要数百万这类节点（其中每个节点产生一个计算结果供周围的节点使用），并需要叠加多达15个层级。2006年，当时就职于多伦多大学的杰夫·辛顿（**Geoff Hinton**）对这个方法做出了关键改进，并将其称为“深度学习”。他能对各个层的数据结果进行数学上的优化，从而加快了进一步叠层时的学习速度。数年后，当深度学习算法被移植到GPU集群上时，速度有了大幅提升。深度学习代码本身不足以产生复杂的逻辑思维，但它是当下所有人工智能产品的基本组成部分，这些产品包括IBM的沃森、DeepMind、谷歌的搜索引擎以及脸谱网的算法。

由并行计算、更大量的数据、更深层次的算法组成的这场完美风暴,让酝酿了60年的人工智能仿佛一夜间获得成功。它们的组合表明,只要这些技术趋势继续下去——没有不继续的理由,人工智能就将持续进步。

这样下去,这种基于云端的人工智能愈将成为我们日常生活中根深蒂固的部分。但这是有代价的。云计算遵循收益递增 (**increasing returns**) 法则,有时又叫网络效应 (**network effect**)。这一法则指出,网络规模扩大的速度远远赶不上其价值增加的速度。网络规模越大,对新用户的吸引力越强,这就让它(的规模)变得更大,从而更具吸引力,如此往复下去。一个为人工智能服务的云端也将遵循这一法则。越多人使用人工智能,它就会变得越聪明;它变得越聪明,越多人就会使用它;当它更聪明时,就会有更多人使用它。一家公司进入这个良性循环后,规模会变得极大,发展速度极快,以至于对其他新兴竞争对手形成压倒性优势。结果就是,未来的人工智能将由两到三家寡头公司主导,并以基于云端的多用途商业产品为主。

1997年,沃森的前辈——IBM的(超级电脑)深蓝 (**Deep Blue**) 在一场著名的人机对弈中击败了当时具有统治地位的国际象棋大师加里·卡斯帕罗夫 (**Garry Kasparov**)。当电脑又赢得了几场比赛后,人类选手基本上对这种比赛失去了兴趣。你或许会认为这就是故事的结局(如果不是人类历史的终结),但卡斯帕罗夫意识到,如果他也能像深蓝一样即时访问包含先前所有棋局中棋路的大规模数据库,就能表现得更好。如果人工智能选手使用数据库工具被认为是公平的,那么人类为什么不能使用呢?为了实现用数据库加强人类大师的心智的想法,卡斯帕罗夫率先提出了“人加机器” (**manplus-machine**) 的概念,即在比赛中用人工智能增强国际象棋选手水平,而不是让双方互相对抗。

如今，这种比赛被称为自由式国际象棋比赛，它们和混合武术对抗赛相似，选手们可以使用任何他们想用的作战技巧。你可以在没有协助的情况下比赛；也可以成为极其聪明的国际象棋电脑的傀儡，仅仅按照它的指示移动棋子；或者你可以当一个卡斯帕罗夫提倡的“半人马”型选手，也就是人类和人工智能结合的赛博格（Cyborg）<sup>[7]</sup>。这种选手会听取那些人工智能提出的走棋建议，偶尔也会否决他们，颇似我们开车时使用GPS智能导航的情景。对任何模式的选手开放的2014年自由式国际象棋对抗锦标赛上，纯粹使用人工智能国际象棋引擎的选手赢得了42场比赛，而“半人马”型选手则赢得了53场。当今世界上最优秀的国际象棋选手队伍就是“半人马”型的Intagrand，它由一个人类团队和几个不同的国际象棋程序组成。

但更让人意外的是人工智能的出现并未削弱纯人类国际象棋选手的水平。恰恰相反，在廉价且超级智能的国际象棋软件的激励下，下国际象棋的人数、锦标赛的数量以及选手的水平都达到了历史之最。与深蓝首次战胜卡斯帕罗夫时相比，拥有国际象棋大师头衔的人数至少翻了一番。现今排名第一的人类国际象棋选手马格努斯·卡尔森（Magnus Carlsen）就曾和人工智能一起训练，并且被认为是所有人类国际象棋选手中最接近电脑的一个。他还是有史以来评分最高的人类国际象棋大师。

既然人工智能可以帮助人类成为更优秀的国际象棋选手，那么合理地推测，它也能帮助我们成为更优秀的飞行员、医生、法官、教师。大多数人工智能完成的商业工作都将由专注某个狭小领域的专门化智能软件负责。比方说，它能把某种语言翻译成另一种语言，但不能干别的；它可以开车，却不能和你交谈；它能记得YouTube上所有视频里每个像素，却无法预测你的日常工作。在接下来的十年里，与你产生直接或间接互动的人工智能产品有99%都将是超级智能的自闭型“专家”。

事实上，这并非真正的智能，至少不是我们细想后希望得到的。其实智能或许是种累赘，如果说“智能”意味着我们特有的自觉意识、疯狂的自省循环以及凌乱的自我意识流，那么结论尤其如此。我们希望自动驾驶汽车能够超乎常人地专注于道路，而不是在纠结之前和智能车库之间的争执。医院里的综合“沃森”医生能一心扑在工作上，永远不要去想当初是不是该学金融专业。随着人工智能的发展，我们可能要设计一些手段阻止它们拥有意识，而当我们宣传最优质的人工智能时，很可能给它打上“无意识”的标签。

我们想要的不是智能，而是人工智慧。与一般的智能不同，智慧是专注的、能衡量的、专门化的。它还能够用完全不同于人类认知的方式思考。2014年3月，得克萨斯州奥斯汀西南偏南音乐节（**South by Southwest festival**）上的特技表演就是一个关于非人类思维的精妙例子。当时IBM的研究员给沃森加入了一个烹饪数据库，其中包含网上菜谱、美国农业部（**USDA**）营养成分表以及如何让配方更可口的研究报告。凭借这堆数据，沃森从味道资料以及现有的菜式中创制出新菜品，厨师则很乐意地把它们做出来。众人最爱的一道菜是美味版的“鱼和薯条”（**fish and chips**），它是用酸橘汁腌鱼和油炸车前草制成。在约克敦海茨的IBM实验室吃午饭时，我津津有味地品尝着这道菜以及另一道沃森的发明：瑞士/泰式芦笋乳蛋饼。味道不赖！这两道菜怎么看都不像是人类所能想到的。

非人类智能不是一个程序错误，而是一项功能。会思考的机器最重要的特征就是它们思考的方式与人类有差别。

由于进化过程中的一种巧合，我们成为漫游在这个星球上唯一拥有自我意识的物种，这让我们误以为人类的智能是独一无二的。然而它不是。我们的智能只是某个特定社会的智能，和宇宙中可能存在的其他智能和意识种类相比，它只占据一个小小的角落。我们喜欢把人类的智能看作是“通用的”，因为和我们遇到的其他心智相比，人类的

心智能解决更多种类的问题，但是当我们创建了越来越多的综合心智后，我们开始意识到人类思维并不通用，它只是思维的一种。

今天，不断涌现的人工智能的思维方式就与人类不同。它们在完成诸如国际象棋、开车、描述一张照片的内容等我们曾认为只有人类能做的事情时，使用的方法也与我们不同。脸谱网通过加强他们的人工智能，能让它在看过一个人的照片后就能从网上约30亿人的照片中识别出此人。人脑无法提升到这种程度，因此这种能力完全是非人类的。众所周知，我们的思维方式不擅长做统计，所以我们制造出各种统计技术很强的智能设备，是为了让它们用不同的方式思考。让人工智能替我们开车的一项优势就是，它们不像我们那样容易分心。

在一个联系超密集的世界中，不一样的思维是创新和财富的来源。仅仅聪明是不够的。商业动机会让与工业力量相关的人工智能无处不在，它们廉价而聪明，会被植入到所有我们制造的东西里。当我们开始发明新的智能种类和新的思维方式时，将获得更大的回报。我们目前还不了解智能的完整分类法。有些人类思维的特点将会是通用的（就像生物学中的左右对称性、细胞分裂、管状脏器）。但是很可能存在某种心智种类，和我们演化的结果大不相同，其思维方式并非一定要比人类更快、更强大、更深刻，有时反而更简单。

宇宙中潜在的心智种类数量庞大。最近，我们开始研究地球上动物的心智，而期间已经见到了许多其他种类的智能，伴随着更多的发现，我们会愈加尊重这个事实。鲸和海豚复杂而奇特的智能不断带给我们惊喜。很难设想如何准确地判断出一种心智比我们更高级。一种便于我们设想的手段就是着手建立一门心智分类学。这个心智的矩阵将包括人类心智、机器心智以及可能存在的心智，尤其是类似科幻小说家虚构的那种超越人类的心智。

这种异想天开的尝试是值得的，因为我们一定会在所有产品中加入智能，但加入哪种特质的智能并非显而易见，而是有选择空间的。

智能的特质将会决定其经济价值以及它们在我们文化中的角色。列出机器在哪些可能的方面比我们（即便是在理论上）更聪明将会帮助我们调整并约束智能的发展。一些非常聪明的人，如天文学家斯蒂芬·霍金，以及天才发明家埃隆·马斯克（**Elon Musk**）担心，创造聪明绝顶的人工智能是个错误，因而探究更多智能种类显得更为明智。

假设我们登上了一个外星球，如何衡量我们在那里碰到的智能的水平？这是一个极难回答的问题，因为我们对自己的智能并没有一个真正的定义（部分是因为至今为止我们不需要）。

现实世界遵循补偿的法则，哪怕在强大心智的世界中也是如此。一种心智并不能把所有工作都完成得很好。一类特定的心智在某些方面的表现更为出色，在其他方面就会有所欠缺。比如，指导自动驾驶汽车与评估房产是两种差异很大的智慧；诊断疾病与监控住宅的人工智能所用的智慧有天壤之别；能准确预测天气的超级大脑与植入衣服中的智能分属两个完全不同的心智领域。心智分类学必须能反映出如何运用不同方法设计出具有补偿特点的心智。下面这份候选清单中我只列出了那些可能比我们更高级的心智，我排除了数千种将会大规模知化的物联网中那些平常的机器智慧，比如一个计算器中的智能。

一些新的心智包括：

- 一种心智与人类的心智相像，只是反应更快（我们最容易想到的人工智能）。
- 一种心智主要基于大容量存贮和记忆，有些愚钝但是信息面广博。
- 一种全球化超级心智，由数百万做着单调工作的智能体组成。

- 一种蜂巢型心智，由许多十分聪明的心智组成，但是自己却意识不到。一种博格型（borg）的心智，组成它的许多聪明心智意识到它们构成了一个整体。

- 一种心智被专门训练用来加强指定的人类个体，但是对其他人完全无效。

- 一种心智能够设想但不能制造比自身更强大的心智。

- 一种心智能够制造比自身更强大的心智，由于自我意识不足，无法设想自己制造的心智。

- 一种心智能够制造比自身更强大的心智。

- 一种心智能够创造比自身更强大的心智，而被创造出的心智会继续这么做。

- 一种心智拥有自身源代码的访问通道，因此可以修改自己的进程。一种心智逻辑能力超强并且没有情感。

- 一种心智能解决普遍问题，但没有自我意识。

- 一种心智具有自我意识，但不能解决普遍问题。

- 一种心智成长期很长，并且在它成熟前需要一个保护者。

- 一种很缓慢的心智，覆盖了很长的物理距离，因而在快速的心智看来，它是“隐形的”。

- 一种心智能够多次克隆自己。

- 一种心智能够克隆自己，并且与克隆体组成一个整体。

- 一种心智能从一个平台迁移到另一个平台从而保持永生。
- 一种快速、动态的心智，能够改变自己的认知进程。
- 一种纳米级的心智，它是所有可能的超级心智中（尺寸和能耗数据）最小的。
- 一种心智专门提出设想并做预测。
- 一种心智从不抹去或忘记任何事情，包括错误或虚假的信息。
- 一种半机器半动物的共生心智。
- 一种半人半机器的赛博格心智。
- 一种使用量子计算的心智，我们无法理解它的逻辑。

如果上述任何一种心智能够成为现实，也将发生在20年开外的未来。这张预测清单的重点在于所有的认知功能都是专门化的。从现在直到未来百年，我们制造的人工心智都将会是为专门任务而设计，并且通常是超越我们能力的任务。我们最重要的机械产品不是某样事情比人类做得更好，而是能做人类完全做不了的事情。同理，我们最重要的思维产品也将不是比人类想得更快、更好，而是能思考人类无法思考的事情。

想要真正解决当前关于量子引力、暗能量以及暗物质高深复杂的谜团，我们可能需要人类以外的其他智能。并且想要解决这些问题带来的更为困难的极端复杂问题，我们或许需要更不同、更复杂的智能。实际上，我们可能还要发明中间水平的智能，来帮助我们设计那些我们无法独自设计出来的更精密的智能。我们亟需不同的思维。



如今，许多科学发现要靠数百个人类的心智共同完成，而在不久的将来，或许会有很多十分艰深的问题，得借助数百种不同类型的心智才能解决。到那时，我们不会那么容易接受异类智能提供的答案，这将把我们带到文化的边缘地带。当我们在认可计算机做出的数学证明后感到不舒服时，这种情形已经出现了。与异类智能打交道是一项新技能，也是对我们自身的开拓。人工智能的植入会改变我们的科研方式。非常智能的工具会加快我们的测量速度并改变我们的测量方法；海量的即时数据会加快我们的模型思维速度并改变我们的模型思维方式；极具智慧的记录手段会加快我们了解事情的速度并改变我们“了解”的方式。科学方法是一种认识的手段，但它向来都是从人类的视角出发的。当我们把一种新的智能加入科学方法，科学一定会以不同的方式去认识和发展。到那时一切都将改变。

人工智能（AI）也可以表示异类智能（**Alien Intelligence**）。宇宙中有十亿颗类地星球，我们无法确定未来200年内是否会接触到其中一颗上的地外生命，但几乎可以100%确定我们会制造出异类智能。当我们面对这些人造异类时将和遇到外星人一样，既会受益也会遭到挑战。它们会迫使我们重新评估自身的角色、信仰、目标和身份。人的目的是什么？我相信有一个答案是：我们要制造生物演化无法得到的新型智能。我们的职责就是制造能够用不同方式思考的机器，也就是创造异类智能。我们确实应该把各种人工智能称作“异类智能”。

人工智能会像外星人一样，用和任何人类厨师大不相同的方式对待食物，这将促使人类对食物进行不同的思考。这个例子同样适用于材料的制造、服装、金融衍生品、任意门类的科学和艺术。与人工智能的速度和力量相比，它的相异性对我们来说会更有价值。

如此一来，人工智能可以让我们更好地理解起初所说的智能的含义。过去，我们或许会说，只有那种具有超级智能的人工智能才能驾驶汽车，或是在《危险边缘》以及国际象棋中战胜人类。但是当人工

智能做到了这些，我们就认为这些成就显然是机械的，几乎不能被称为真正的智能。人工智能的每一次成就都将自己重新划为“非人工智能”行列。

但是我们不仅在重新定义人工智能，也在重新定义人类。过去60年里，机械过程复制了我们过去认为人类独有的行为和能力，我们不得不改变关于人和机器之间差别的看法。当我们发明了更多种类的人工智能后，会在“什么是人类独有的”这一问题上做出更大让步。我们将在未来的30年，甚至一个世纪里陷入一种旷日持久的身份危机，不断扪心自问人类的意义。最大的讽刺是，日常生活中那些实用的人工智能带给我们最大的益处将不在于产能的提高、富足的经济或是新的科研方式，尽管这些都显而易见。人工智能时代的到来最大的益处在于，各种人工智能将帮助我们定义人性。我们需要人工智能告诉我们——我们是谁？

未来几年里，那些被赋予实体的异类智能将获得我们最多的关注。我们把它们叫做机器人。它们同样会有各种不同的形状、体积和功能配置。机器人已经低调地走进了我们的生活。不久，更张扬、更聪明的机器人必将出现。它们所带来的颠覆效果将直抵我们生活的核心。

试想，如果明天10个美国工人中就有7个会失业，他们该怎么办？

如果超过一半的劳动人口都拿了解雇通知书，很难相信一个经济体还能继续存在。事实上，工业革命就让19世纪初的劳动力面临这种状况，只不过事情发生得较为缓慢。两百年前，70%的美国劳动力以农场为生。后来，自动化实现后，机器代替了农民以及在农场作业的动物，淘汰了大多数人的工作，只留下1%左右。但是被取代的农民并没有就此闲着。自动化转而在全新的领域中创造了亿万份工作。曾经务农的人如今操纵着工厂中炮制农具、汽车以及其他工业产品的机器。从此，一浪又一浪建立在自动化之上的新职业潮水般袭来，包括

家用电器维修工、胶印工人、食品化学家、摄影师、网站设计师。今天，我们大多数人从事的工作是19世纪的农民无法想象的。

或许很难令人相信，但在本世纪结束前，如今人们从事的职业中有70%很可能会被自动化设备取代。不用说，亲爱的读者，你的工作也会被机器取代。换句话说，机器人取代人工是必然的，一切只是时间问题。第二次自动化浪潮正引领这项变革，而人工认知、廉价传感器、机器学习和分布式智能将成为变革的焦点。广泛的自动化将会触及包括体力劳动和知识型工作在内的所有工种。

首先，已经实现自动化的行业中，机器会进一步巩固自身的地位。当机器人取代流水线工人后，它们会接着取代仓库工人。麻利的机器人能够从早到晚不断地抬起150磅的重物。它们把箱子取出来，分好类，然后装上卡车。这种机器人已经在亚马逊的仓库工作了。采摘水果和蔬菜的过程也将逐步由机器人接手，最后只有在特色农场里才能见到人类在采摘。药房里将会有有一个配药机器人在后台工作，而药剂师专心回应病人的咨询。实际上配药机器人的雏形已经问世，目前正在加利福尼亚州的医院里工作。它们至今还未出现过一次弄错处方上要求的状况，这对人类药剂师来说很难做到。接下来，打扫办公楼这种相对精细的杂活也将由机器人在半夜完成。它们从简单的打扫地面和窗户开始，最终完成清洁厕所的要求。长途货运客车在高速公路上行驶时，将由驾驶室内置的机器人进行驾驶。到2050年，大多数货车将实现无人驾驶。鉴于货车司机是目前美国最普遍的职业，这件事的影响不容小觑。

机器人的触角终究会伸向白领工作。许多机器已经含有人工智能，我们只是没有称它们为人工智能机器人。请看谷歌最新的计算机之一，它能够为任意一张给定的照片写下准确说明。选取一张网上的照片后，它会“看着”这张照片然后给出完美的说明。它能持续地像人类一样正确描述照片上发生的事，却不会感到疲倦，还能阅读并概括

出文本大意。任何与大量文书工作相关的岗位都可以由机器人从事，这其中就包括不少医疗岗位。任何较为机械的资讯密集型工作都能被自动化。无论你是一名医生、律师、建筑师、记者甚至程序员，机器人都将历史性地接管你的工作。

我们已经处在转折点上。

我们对于一个智能机器人的外形和行为已经有了先入为主的印象，这让我们意识不到身边发生的变化。要求人工智能效仿人类的智能，好比要求人工飞行模仿鸟类翅膀，在逻辑上是说不通的。

巴克斯特（**Baxter**）是Rethink Robotics公司的新型作业机器人。它的制造者是发明畅销吸尘器鲁姆巴（**Roomba**）系列产品的前麻省理工学院教授罗德尼·布鲁克斯（**Rodney Brooks**）。巴克斯特是一款较早被用来辅助人类工作的新级别工业机器人，但它看上去貌不惊人。当然，它和许多其他工业机器人一样有一条强壮的机械臂。巴克斯特的双手和工厂机器人一样，能进行重复性的手工劳动。但是它和一般的工厂机器人之间有着三方面的重要区别。

第一，它能向四周看并且可以通过移动头部的动画眼睛提示它正在看的地方。它能感知附近工作的人类从而避免伤到他们，工人们也能知道自己是否被它看到。之前的工业机器人无法做到这些，这就意味着工作中的机器人必须与人类保持距离。典型的工厂机器人被关在一个铁丝网围栏或是玻璃笼子里。它们意识不到他人的存在，因此放在人的周围太过危险。这种机器人无法在一家难以将它们与人隔开的小商店中工作。理想情况下，工人应该能够在机器人身上存取材料，或者在日常工作中手动调整机器人的控制参数，而双方被隔开的话，此类动作就难以实现了。但巴克斯特能和人类做伴。它们使用力反馈（**force-feedback**）技术来感知自己是否触碰到人或另一个机器人，显得彬彬有礼。你可以在自家的车里接通它的电源，从容地在它身旁工作。

第二，任何人都能训练巴克斯特。它不一定像其他工业机器人一样迅捷、强大或精准，但它更聪明。要想训练它，你只需要抓起它的双臂并引导它们按照正确的次序做动作。这是一种“照着做”的训练方法。当巴克斯特学会动作后，就会不断重复练习。包括文盲在内的任何工人都可以进行这种展示。想要命令之前的作业机器人做最简单的任务改变，需要高度受教育的工程师和训练有素的程序员写数千条代码，还要进行调试。代码必须用批处理模式（**batch mode**）载入，比如大型非常用批处理文件。因为机器人一旦投入使用就不能被重新编程了。结果典型工业机器人的大量花费不是来自硬件而是它的运营成本。工业机器人的购买价为10万美元，然而在整个使用期中编程、训练和维护的费用是购买费用的4倍多。这些费用累加后，平均每个工业机器人的总花费超过50万美元。

第三个区别就在于巴克斯特更便宜。定价2.2万美元的巴克斯特与它的前辈机器人50万美元的总花费相比不在一个数量级上。使用批处理模式编程的老牌机器人就好像机器人界的大型主机，而巴克斯特好比第一台个人电脑。由于缺乏某些重要性能，如亚毫米级的精确度，这种机器人很可能沦落为机器爱好者的玩具。但是与个人电脑一样，却不同于过去大型主机的是：在不需要专家调试的情况下，用户可以即时与它进行直接交流，并且可以用它来做不太紧急，甚至是鸡毛蒜皮的事。它的价格足够低廉，因此小型工厂可以购买一台用来打包成品、喷涂定制化产品或者操作3D打印机。或者你也可以让它在生产iPhone的工厂充当工人。

巴克斯特诞生在波士顿查尔斯河畔一幢拥有百年历史的砖墙建筑中。1895年，这幢建筑是位于当时新制造业世界中心的一个奇迹。它甚至能发电供自己使用。百年来，这座围墙内的工厂改变了我们身边的世界。如今巴克斯特的性能以及即将到来的大量高级机器工人促使布鲁克斯思考一个问题：这些机器人会如何比上一次革命更彻底地颠覆制造业？看着办公室窗外那些比邻的工厂，他说道：“现在我们提到

制造业就会想到发生在中国的情形。但是随着机器人带来的制造成本下降，运输的成本将成为远比生产成本更重要的因素。距离近就代表低成本。因此我们会看到这种本地特许经营的工厂组成的网络，所有的东西将在距离需求地5英里以内的范围内生产。”

这些对生产行业来说或许是正确的，但是许多人从事的是服务业。我请求布鲁克斯和我一起穿过一家当地麦当劳餐厅，并让他指出哪些工作可以被他的机器人取代。他犹豫着表示：“指望机器人为我们当厨师恐怕要等30年。在一家快餐店中，你不会一直干一种活，而是忙于在不同的任务之间转换，因此你需要一种特定的解决方案。我们不提供特定方案。我们正在打造一种能在人类身旁自主运行的机器人。”当我们能够与身边的机器人协同工作时，双方的工作内容必然会掺杂在一起，不久我们过去干的活将会由它们承担，而我们难以想象自己日后的新工作会是什么。

我根据人类和机器人的关系把工作分为四大类，希望能帮助我们更好地了解机器人将怎样取代人类。

## 人类能从事但机器人表现更佳的工作

人类需要花大力气动手织布，然而只用几分钱，自动织布机就可以织出一英里的布。如今，对手工中不完美的留恋，是我们购买手工纺织品的唯一理由。但是没有人想要一辆有瑕疵的汽车。谁也不愿意驾驶一辆性能不稳定的汽车以70英里时速在高速公路上飞驰。因此我们认定，在汽车的生产过程中人参与的程度越低越好。

我们仍然错误地认为，不能信任计算机和机器人在更为复杂的事务中的表现。因此我们不愿意积极地承认它们掌握了部分常规的抽象工作，并且在特定情况下，甚至比体力劳动做得更好。一种由计算机控制的装置被称作自动驾驶仪，它能在没有任何辅助的情况下驾驶一架波音787客机完成一次标准的飞行，其中只有8分钟时间完成起来有

难度。驾驶舱中的人类驾驶员只需要完成这8分钟的飞行任务以及应对突发状况，而需要人操控的时间正在持续减少。20世纪90年代，计算机大规模取代人类，为房屋抵押贷款作评估。大部分税务工作、常规的X光片分析以及审前证据收集工作都由计算机处理，而这些都曾是领着高薪的聪明人干的活。我们已经接受机器人从事制造业是可靠的，不久我们就会接受它们的智能和服务。

## 人类不能从事但机器人能从事的工作

举个琐碎的例子，人类想造出一枚铜螺钉都很困难，而自动化技术可以在一小时内生产一千枚。没有自动化，我们连一块计算机芯片也造不出来，因为这种工作需要人类身体不具备的精准、控制力和坚定不移的注意力。同样，无论受教育程度有多高，没有一个人或一群人能快速搜索世界上所有的网页，找到包含尼泊尔首都加德满都鸡蛋价格的网页。任何时候你在点击搜索按钮时，都是在雇用一个人帮忙完成我们这个物种无法独立完成的事情。

当过去人类从事的工作一项一项被机器人取代的消息不断登上新闻头条后，机器人和自动化将主要通过承担人类无法胜任的工作为人类谋福利。我们没有CT扫描仪器那样的注意广度，能够通过对每平方毫米范围的搜索寻找癌细胞。我们没有将融化的玻璃变成瓶子所需要的毫秒级反应能力。我们没有完美的记忆力，能记住美国职业棒球大联盟（Major League Baseball）中的每一次投掷，并且实时计算出下次投掷的成功率。

我们不会把“好工作”交给机器人。大多数时候，我们只是把自己做不了的工作交给它们。没有它们，这些工作将永远无法完成。

## 人类想要从事却还不知道是什么的工作

在机器人和计算机智能的协助下，我们得以完成150年前完全无法想象的事情，这是机器人介入人类生活后最令人赞叹的一点。今天，我们可以通过手术摘除内脏上的肿瘤，录制婚礼视频，让登陆车在火星上行驶，在布料上印出朋友通过电波传来的图案。我们正在进行的100万种有偿或无偿的新活动会让19世纪的农民觉得眼花缭乱并感到震惊。从过去的角度看，这些新的成就不仅仅困难，而且主要是由那些能够完成它们的机器创造出来的。它们是由机器设计的工作。

在我们发明汽车、空调、平板显示器以及动画之前，住在古罗马的人不会想到他们能一边看动画片，一边吹着空调前往雅典，但我最近就这么干过。200年前，没有哪个中国老百姓会告诉你，他们要买一小块用来和远方的朋友对话的玻璃面板，而不是家里的下水道系统。如今，没有现代下水道系统的中国农民却去购买智能手机。第一人称射击游戏中内置的精巧的人工智能技术，给了数百万青春期男孩成为职业游戏设计师的动力和需求，而这种梦想是维多利亚时期的男孩不会拥有的。自动化每一次微小的成功都会催生一些新职业，没有自动化的促进，我们不会想到这些职业。

需要重申的是，自动化创造的大多数新任务也只有其他的自动化技术能处理。如今，我们拥有谷歌这样的搜索引擎，就指望它们能干千百种新差事。人们会问：“谷歌，你能告诉我手机放哪儿了吗？谷歌，你能帮抑郁症病人找到卖相关药物的医生吗？谷歌，你能预测下一次病毒性传染病的爆发吗？”技术会不加区分地把各种可能性和选择堆放在人和机器面前。可以打赌，到了2050年，薪资最高的行业将依赖目前还没有发明的自动化技术和相关机器。也就是说，我们不知道这些工作，是因为让这些工作成为可能的机器和技术还未出现。机器人创造了我们想要从事却还不知道是什么的工作。

**（刚开始）只有人类能从事的工作**



至少在很长一段时间内，人类想做什么是由人类而不是机器人决定的。这句话并不是一句多余的表述，事实上，人类发明的东西唤起了自身的欲望，因此人类的需求和机器人之间互为因果。

当机器人和自动化过程包办了我们的大多数基础工作，让我们的吃、穿、住变得相对容易时，我们会闲下来并且自问：“人的目的是什么？”工业化不仅延长了人类的寿命，还让很大一部分人认为，人类理应成为芭蕾舞演员、专职音乐家、数学家、运动员、服装设计师、瑜伽大师、同人小说作者或是拥有名片上那些独一无二的头衔。在机器的帮助下，我们才能担当这些角色。当然，随着时间的推移，机器也会从事这些工作。接下来，面对“人类应该做什么”这个问题，我们会想到更多的答案。但是机器人想回答这个问题还要等到多年以后。

后工业化经济将会持续发展。因为每个人的任务之一将是找到、从事并完成将来会成为机器人重复性劳动的新工作。不久的将来，机器人驾驶的轿车和卡车随处可见。这项新的自动化技术会为以前的卡车司机带来一份叫做行程优化师的新工作。工作的内容就是通过调整运输系统的算法达到节能省时的效果。外科手术机器人成为常规后，让复杂机器保持无菌状态将成为必要的医疗新技术。追踪个人所有活动的自动化自我追踪技术成为常态后，将会出现一种新的专业分析师，为你解读数据。当然我们还需要一大批负责维护你的个人机器人正常运转的保姆。今后，所有这些职业也将逐个被自动化接管。

当人人都拥有召之即来的个人机器人，也就是巴克斯特的后继者们，真正的变革就开始了。想象一下，你是0.1%依然从事农业的人群中的一员，打理一家直接向客户供货的小型有机农场。虽然你仍然是一个农民，但是机器人承担了大部分的农活。分布在泥土里的细小探针指导你的机器人队伍在炎炎夏日里播种、治虫、收割。你作为农民的新任务将是监管整个农耕系统。某天，你可能会研究一下应该种植

祖传番茄的哪一个变种；第二天试着发现客户的需求；接下来的一天更新你的客户群。其他所有能被量化评估的任务都由机器人完成。

如今，这一切似乎难以想象。我们无法想象一个机器人能把一堆散件组装成一件礼品，或是制造除草机的配件，抑或是为我们的新厨房制作需要的材料。我们无法想象自己的外甥或侄女在他们的车库里操纵一堆作业机器人，为朋友的创业公司大量生产电动车逆变器。我们无法想象自己的子女成为家用装置设计师，制造一批定制化液氮（分子）甜品机并卖给中国的富豪们。然而，个人机器人自动化系统能将这一切变为现实。

虽然，几乎人人都能得到个人机器人，但是仅仅拥有一个机器人并不是成功的关键。成功将青睐那些以最优化的方式与机器人以及机器一同工作的人。产品的地理集群性差异将会凸显，但各个集群的差别不在于人工成本，而在于人的专业技能。人类和机器之间将形成一种共生关系。人类的工作就是不停地给机器人安排任务，这本身就是一项永远做不完的工作，所以，我们至少还能保留这份“工作”。

将来，我们和机器人的关系会变得更复杂。同时，一种循环出现的模式值得我们注意。无论你现在从事什么工作，收入水平如何，都将反复经历机器人替代人的以下7个步骤：

1.机器人（电脑）干不了我的工作。

【后来】

2.好吧，它会许多事情，但我做的事情它不一定都会。

【后来】

3.好吧，我做的事情它都会，但它常常出故障，这时需要我来处理。

【后来】

4.好吧，它干常规工作时从不出错，但是我需要训练它学习新任务。

【后来】

5.好吧，就让它做我原来的工作吧，那工作本来就不是人该干的。

【后来】

6.哇，机器人正在干我以前做的工作，我的新工作不仅好玩多了，工资还高！

【后来】

7.真高兴，机器人（电脑）绝对干不了我现在做的事情。

【重复】

这不是一场人类和机器人之间的竞赛，而是一场机器人参与的竞赛。如果和机器人比赛，我们必输无疑。未来，你的薪水高低将取决于你能否和机器人默契配合。90%的同事将会是看不见的机器，而没有它们，你的大部分工作将无法完成。人和机器的分工也将是模糊的，至少在开始时，你可能不会觉得自己在干一份工作，因为看上去所有的苦差事都被机器人承包了。

我们需要让机器人接手。许多政客们极力阻止机器人接手的那些人类工作，实际上是人们不情愿干的。机器人能干那些我们正在干的事情，而且远比我们干得好；机器人能从事那些我们从事不了的工

作，能做那些我们没想到需要去做的工作；机器人还能帮助我们发现自己的新工作，发现那些让我们拓展自身意义的事。

这一切都是必然的。让机器人代替我们从事现在的工作，让我们在它们的帮助下去构想有意义的新工作吧。

---

[1] 知化意为赋予对象认知能力。——编者注

[2] 艾字节，ExaByte，缩写EB，常用来标示网络硬盘总容量。1EB=1024PB=1073741824GB。——编者注

[3] 一档非常受欢迎的美国智力竞赛节目。——编者注

[4] 硅谷的一家科技公司，他们利用移动与感官技术研发移动医疗设备。——编者注

[5] “奇点”本是天体物理学术语，著名未来学家雷·库兹韦尔用它来指人类与其他物种（物体）的相互融合。——编者注

[6] 美国网络视频服务商，以DVD出租业务起家，提供网络视频付费订阅观看服务，收录内容大部分是有版权的作品。除网络视频业务之外，该公司目前还保持DVD出租业务。——译者注

[7] 赛博格（Cyborg），最早出现在科幻小说中，现在已经逐渐变为现实。指用机械替换人体的一部分，从而将大脑与机械联接起来。——编者注

## 第3章

# 流动 Flowing

互联网是世界上最大的复印机。在最根本的层面上，它将我们使用它时所产生的一切行为、一切特征、一切想法拷贝成了复制品。为了将信息从互联网的某个角落传输到另一边，通信协议让信息在传输过程中经历了数次的复制。在平常日子里，部分数据在内存、缓存、服务器和路由器之间循环往复，期间或许已经被复制了数十次。科技公司们也在销售这些永不停息的复制设备上赚到了大钱。如果一样东西可以复制，那么当它接触到互联网之后，就必然会被复制。

数字经济就是这样运转在自由流动的复制品河流中的。实际上，我们的数字通讯网络经过设计，尽可能地减少了复制品流动的阻力。复制品流动如此自由，以至于我们可以把互联网想象成一个超导体。进入这个系统的复制品能够通过网络无休止地流动下去，就像超导线中的电流一样。病毒式传播的含义便在于此。复制品经过复制，进而产生新的复制品——由此泛出一道道波纹，向外荡散开来。复制品一旦接触互联网，就再也不会离开。

这种超级分配系统已经成为了我们经济和财富的基础。信息、创意和资讯的实时复制加强了21世纪经济中的主要部分。美国对外出口的软件、音乐、电影和游戏价值连城，都是易于复制的产品。而制造它们的产业是美国全球竞争优势的所在。美国的财富因此建立在一台能够迅速、混杂地复制信息的巨大机器之上。

我们不能阻止大规模的自由复制。这样做不仅会破坏创造财富的动力，还会致使互联网本身停转。自由流动的复制品已经在互联网这

个全球通信系统的本质中留下了烙印。网络技术需要没有约束的复制。复制品必然流动。

我们文明早先的经济，建立在堆满实体货品的仓库和工厂之上。这些实体库存仍然必要，但对于财富和幸福来说，只有它们已经不再足够。我们的注意力已经从实体货品的库存上，转移到了无形产品（例如复制品）的流动上。我们考察一样东西的价值，不再仅仅针对它所包含的原子。这件东西的非物质成分、设计，甚至是它根据我们的需求灵活变化的能力，也都会成为衡量价值的因素。

曾经用钢铁和皮革制造出的实体产品，如今已被当作不断更新的流动服务来出售。马路上停泊的实体汽车，已经转变成了由优步、Lyft、Zip和RideShare <sup>[1]</sup> 按需提供的私人交通服务。而这些服务的改进速度，远比汽车要快。购买日用品也不再是买到买不到的问题了：现在，稳定的日用品补充流如同流水一般，可以定期送货上门，不会间断。而手机也每隔几个月就变得更好，因为新操作系统可以持续地在智能手机上自我更新，而在过去，随这些更新而来的新功能和好处则可能会产生对新硬件的需求。而购买新手机之后，服务会让你的操作系统和之前保持相似，把你的个性化设置注入新设备中。这种不间断地更新序列延绵不绝。对于我们那不知足的人类欲望来说，梦想的确成真了：永无止境的改进，汇聚成了一条条河流。

在这种不停变动的新体制的核心，是更加细致入微的计算。我们正在进入计算时代的第三个阶段：流（the Flows）。

计算时代的第一阶段，借鉴自工业时代。正如马歇尔·麦克卢汉 <sup>[2]</sup> 所观察到的：新媒介最初的形态，是模仿它所取代的媒介。第一批商用计算机从办公室里借鉴了大量的比喻：我们的屏幕上有“桌面”和“文件夹”，还有“文件”；它们层级分明，秩序井然，和计算机将要颠覆掉的工业时代颇为相似。

第二阶段的数字时代抛弃掉了从办公室借鉴来的比喻，引入了网络组织原则。基本单位不再是文件，而是“页面”。页面并未被组织在文件夹里，而是分布在连接起来的网络当中。网络本身则是超链接联系起来的数十亿个页面，包罗万象，既储存信息，又传递知识。可以浏览任何页面的统一窗口“浏览器”，取代了桌面界面。这种连接起来的网络，结构是平的。

现在，我们正在进入计算的第三个时期。页面和浏览器远不如从前重要。今天，最基本的单位是“流”（flows）和“信息流”（streams）。我们持续不断地监视推特和脸谱网上的信息流。我们观看流媒体视频，收听流媒体音乐。电视屏幕最下方是不断流动的新闻滚动条。我们还在YouTube上订阅视频流（却把它称为“频道”），通过RSS订阅博客。我们沐浴在通知和更新组成的信息流里。我们的App也在更新流中不断改善。标签取代了链接，我们在信息流中标注、点赞、收藏不同的时刻。某些Snapchat和WhatsApp [3] 这样的信息流甚至完全活在当下，没有过去和未来。它们只是流向了过去。如果你想再看一眼什么东西，还是算了吧，它消失了。

流动的时间同样也发生了转变，在第一阶段里，任务往往以批处理模式完成。你每个月都会收到账单；税金总是要在每年的同一天申报；电话费以30天为单位收取一次——事情总是堆积起来等待一次完成。

而在第二阶段，随着网络的到来，我们很快就变得期待所有事能在当天完成。收到退款后，我们会希望这笔钱当天就能出现在账户里，而不必等到月末。发送电子邮件时，我们也期望能在当天早些时候收到答复，而不用像普通邮件那样等到两周之后。我们的循环时间从批处理模式跳转到了日清日毕模式。这是一件大事。因为期望转变得太快，许多机构都措手不及。人们不再有耐心排队填写必需的表格。如果表格没法当天填完，人们干脆就置之不理了。

如今是第三阶段，我们已经从日清日毕模式转换到了实时模式。给别人发信息的时候，我们希望立刻就能收到答复。花钱的时候，我们也希望我们的银行账户能立刻结算。医疗诊断为什么不能当时就下，反而还要等上好几天呢？如果我们在班级里展开一场问答竞赛，比分为什么不能实时显示呢？对于新闻，我们不再需要得知上个小时的事情，而是需要了解当下每一秒的一切。要么实时发生，要么不存在。推论下去，想在实时中运转良好，所有事情就必须流动起来——这至关重要。

比如说，按需观看电影意味着电影必须是流动的。像大多数订阅Netflix服务的家庭一样，我们都对实时欲罢不能，都会忽视不是流媒体播放的电影。Netflix的DVD出租目录，是流媒体播放目录的10倍，而且质量也比后者更好。但我们情愿实时观看更少的节目，也不愿意为了DVD上更好的东西等上两天。速度为王，质量靠边站。

实时的图书也是如此。在数字时代来临之前，我会在想要阅读很久以前购买纸质图书。如果在书店里看到一本好书，我就会买下来。起初，互联网扩大了我那巨长的待读书单，因为我在网上接触到了越来越多的书评推荐。Kindle上市之后，我就主要购买数字图书（digital books）了。不过我还保持着老习惯：不管什么时候，只要碰到好的推荐，就会把电子书买下来。毕竟这很简单！点击一下，书就到你的设备上了。

然后我就醒悟过来了（我保证别人也和我一样）：如果提前购买一本电子书，它存放的位置和我没有买它时存放的位置是一模一样的（都在云端），区别只是付款和没有付款而已。既然如此，为什么不让它保持未付款状态呢？所以现在，不是半分钟内非要读到不可，我是不会买下一本书的。这种即时购买模式正是实时数据流的自然结果。



在工业时代里，公司通过提高自己的效率和生产力来最大化地节省自己的时间。这在今天已经远远不够。现在，组织还要节省它们的顾客与公民的时间。它们需要尽其所能来进行实时互动。实时就是人类的时间。虽然和银行柜台相比，从ATM机上取钱的速度要快上很多，效率也会高上不少，但我们真正想要的，是在我们指尖上流动的现金。这就像是Square、Paypal和Apple Pay [4] 这样的数据流公司所提供的实时货币一样。名词需要变成动词。固定的实体事物需要编程服务。数据不会保持静止，万物如今都要流动成为数据流。

信息混杂的上万亿条信息流汇聚一起，相互流动，便是我们口中的“云端”。云端的软件流于你，就像是升级组成的信息流。你的文本信息流在到达朋友的屏幕之前，会先进入到云端。你账户下的大量视频在云端安睡，等待你的呼唤。云端还是歌曲汇集的海洋，是和你交谈的Siri的智能所在。对于计算机来说，云端是一种新的组织比喻。而数字体制第三阶段中的基本单位，便成了流、标签和云端。

向实时的转变，以及复制品组成的云端破坏掉的第一个产业，是音乐产业。这或许和音乐本身就在流动有关（音乐是音符组成的溪流，它的美丽只能在音符的流动中展现出来），这也使得音乐首先具有了流动性。随着音乐产业不情愿地发生了转变，起变化的故事在图书、电影、游戏、新闻等其他媒介中一遍又一遍地显现出来。这种向着流动性的必然转变现在几乎改变了社会的方方面面。音乐产业升级进入流动性领域的传奇，会为我们揭示前进的方向。

几个世纪以来，音乐的面貌一直被科技所塑造。早期留声机设备的录音时长最多只有4分半钟。音乐家们曲折悠扬的作品因此被简化缩短，好适应录音技术的限制。今天，流行歌曲的标准时常是4分半钟。50年前对留声机录音的廉价工业化生产极大地降低了精准复制唱片的成本，自此之后，音乐开始成为一种消费品。

10年前，由Napster [\[5\]](#) 和Bit Torrent等先锋引发的转变，对音乐产业造成了前所未有的颠覆。模拟复制品正在被数字复制品取代。模拟唱片驱动了工业时代，它精准而廉价；数字复制品则推动着信息时代，它精准，而且免费。

我们很难忽视免费。复制行为在免费的推动下，达到了沃恩早先难以置信的规模。最流行的10支音乐电视（MV），已经被（免费）欣赏了100亿次还多。当然，能被免费复制的不只是音乐，还有文本、图像、视频、游戏、所有的网站、企业用软件、3D打印文件，等等。在这个全新的网络世界里，任何可以被复制的东西都会被复制，而且免费。

经济学中有一条颠扑不灭的定理：一旦某样事物变得免费，变得无所不在，那么它的经济地位就会突然反转。在夜间电力照明还是罕见的新事物时，只有穷人才会使用蜡烛。此后到电力变得唾手可得，而且几乎免费的时候，人们的喜好快速翻转，烛光晚餐反而成为了奢侈的标志。在工业时代，复制品变得比手工制成的原型品更有价值。没人会想购买一台笨重的电冰箱原型机。大部分人想要的是能够完美工作的复制品。复制越常见，人们对它的渴望就越强烈，因为随它而来的还有服务和维修店面组成的网络。

现在，价值的轴心再一次发生了翻转。如江河般滔滔不绝的免费复制品已经削弱了既有秩序。在这个充满了免费数字复制品的超饱和数字时空中，复制品无处不在，太过廉价（实际上已经到了免费的地步），以至于只有无法复制的事情才变得真正有价值。科技告诉我们，复制品已经不再值钱了。简单来说：当复制品大量存在时，它们就会变得没有价值，无法复制的东西反而会变得罕见而有价值。

当复制品免费时，你就要去销售那些无法复制的东西。那么，什么是无法复制的呢？

比方说信任。信任无法大规模生产，也无法购买。我们不能把信任下载下来，然后储存在数据库或者仓库里。信任必须通过时间积攒到。它不会被伪造，也无法伪造（至少无法长期伪造）。既然我们更喜欢和信任的人打交道，我们就会更经常地为信任支付额外费用。对此，我们成为品牌营销。有品牌的公司可以比没有品牌的公司同类产品和服务中标出更高的价格，因为他们的承诺更容易被信任。所以，信任是一种无形自唱，它在复制品泛滥的世界中具有的价值越来越高。

和信任一样难以复制的特性还有很多，它们成为了云端经济的价值所在。发觉这些价值只要问一个简单的问题：为什么有人会为能够免费得到的东西付费？那些购买本来可以免费得到的物品的人们，他们买的到底是什么？

我列出了至少8种我们在为一些可以免费得到的产品时，所获得的无形价值。这个单子只是开始，能被列入其中的无形价值肯定还有更多。

从现实层面来看，这8种无法复制的价值要好过免费。免费是好事，但如果你愿意为它们掏钱，那么这些价值就会比免费更好。我把这些特性称为“原生性”（**generative**）。原生价值必须是在交易时产生的特性或品质。人们无法复制、克隆、存储具有原生性的事物，也无法仿制和伪造原生性。原生性因实际进行的特定交易而生，独一无二。原生性为免费的复制品增添了价值，从而使它们变成了可以出售的商品。

以下是8种“比免费更好”的原生性特征：

**即时性（Immediacy）** ——迟早你都会找到自己想要的免费复制品，但是如果生产者能将产品在发布的第一时间，甚至是生产出来的第一时间发送到你的收件箱中，这可是一种原生性资产。许多人会

在首映式的时候前去电影院花大价钱看那些以后会通过下载和租赁方式变得免费，或者几乎免费的电影。从非常现实的角度来看，他们花钱购买的并不是电影（电影是“免费的”），而是即时看到最新的电影。精装版图书的优势也并非在于硬皮封面，而在于领先平装本的即时性 [6]。排在队伍的前头通常也意味着要为相应的好处付出额外的价钱。作为一种可以出售的特性，即时性也包含着不同的级别，包括使用测试版本的权限。测试版的应用和软件曾经由于不完善而被低估了价值。但我们现在知道，测试版同样具有即时性，而即时性便具有价值。即时性是一种带着相对意味的概念（比如分钟之于小时），但它存在于所有的产品和服务中。

**个性化（Personalization）** ——听普通的演唱会录音或许不用花钱，但如果能买回一张经过特殊音效处理、听起来就像是在你家客厅中录制的唱片的话，那你就可能就愿意花大价钱了。这时，你花钱购买的不是演唱会的复制品，而是原生性中的个性化。一本免费的图书也可以经过出版社的个性化编辑，反映出你先前的阅读背景。你所购买的免费电影也许会按照你所希望的那样重新经过了剪辑（没有色情场面，儿童可以观看）。在上述两个例子里，你得到的是免费的复制品，而你购买的则是个性化服务。阿司匹林同样免费，但是能适应你的DNA的阿司匹林可能会非常有价值，十分昂贵。个性化要求是创造者与消费者、艺术家与粉丝、生产者与用户之间的不断对话。它是一种典型的原生性，因为它可以交互，是一种对时间的消费。营销人员将这种情况称为“粘性”，因为在这种关系中，双方都对原生资产有所投入，同时也不愿意移情别恋，更不愿意从头再来。这种关系的紧密程度，是无法通过复制粘贴得到的。

**解释性（Interpretation）** ——有个老笑话是这么讲的：软件下载免费，用户手册一万美元。但这并不是玩笑。红帽（Red Hat）[7] 和Apache等 [8] 一批高度知名的公司就是这么存活下来的。他们为免费的软件提供有偿的技术支持。这些公司只有代码的副本是免费

的。但成千上万行的代码只有通过技术支持和技术指导才会对你变得有所价值。许多医药和基因信息都遵循这种路线。今天，你自己的一整套DNA副本十分昂贵（一万美元），但不久之后就不再如此了。价格会飞速下滑，很快就会变成100美元。而届时，你的保险公司就会在来年免费把基因序列送给你。当你获取基因序列不需任何成本的时候，解释它们是什么意思，搞清能利用自己的基因做些什么，了解怎样使用自己的基因序列——这需要一本解释基因序列的说明书，就会变得昂贵。这种原生性也适用于许多其他复杂的服务，比如旅游和医疗保健。

**可靠性（Authenticity）** ——你或许能免费获得一个流行的软件应用，但即便你不需要看说明书，你也得考虑这个软件有没有缺陷、是不是恶意程序或者垃圾软件。这种情况下，你会很高兴地为可靠性付钱。这样，你在使用软件时就会自由自在 [\[9\]](#)，脑袋里不用为别的事情操心。这种情况下，你付钱购买的不是软件的副本，而是软件的可靠性。美国乐队感恩而死（Grateful Dead） [\[10\]](#) 的唱片种类多到几乎无数，但从乐队自己那里买上一张可靠版本的唱片就能省去你不少麻烦。最起码这张唱片里面的歌曲确实是感恩而死乐队自己的作品。艺术家在很久以前就解决了这种问题。无论是照片还是印刷品，视觉艺术的生产也步了音乐业的后尘。艺术家可以通过在复制品上留下自己的印记，比方说签名，来提升复制品的价格。数字水印等签名技术并不能用作对副本的保护，因为前文说过，复制品是一种具有超导性的流体，但它们却可以用来创造原生性，向那些在乎的人提供可靠感。

**获取权（Accessibility）** ——拥有往往是件烦人的事情。你得让自己拥有的东西井井有条，与时俱进。如果你拥有的是数字产品的话，还要加上备份的活计。在这个移动的世界里，你又得无时不刻地带着它们。当我们懒懒地订阅云端上的服务时，包括我在内，许多人都乐意付钱给别人来照料我们的“财产”。我或许会拥有一本书，也或



许会通过预付费的方式来获得我喜爱的音乐，但我还会付钱给Acme数字仓库（Acme Digital Warehouse），让它为我服务，无论何时无论何地。大多数东西都可以在什么地方免费得到，但很不方便。通过付费服务，我就可以通过一个超级用户界面，在任何设备上随时随地获取这些免费的东西。从某种程度上讲，iTunes [11] 通过云端提供的内容，就是在向你出售获取权。虽然可以从其他地方下载到免费版本，但你还是会为了方便地获取音乐而付费。你花钱购买的不是这些东西，而是简单获取的便利，以及不用再去维护的义务。

**实体化（Embodiment）** ——从根本上看，数字复制品没有实体。阅读一本PDF格式的电子书，我会很开心，但有时候，同样的字句印刷在雪白的棉纸上，再配以皮革质地的封面，也非常诱人，给人感受很棒。游戏玩家们喜欢和好友在网上对战，但不时地，他们也会呼朋引伴地在同一个房间里玩个痛快。人们支付上千美元亲身参加的活动，在网上也可以看到流媒体直播。把无形世界用更棒的实体化呈现出来，方法无穷无尽。消费者的家里并不总会出现好到难以置信的新显示技术，因此需要动一动身体，跑到剧场或者礼堂这类的地方去。剧场更有可能首先提供激光投影、全息显示、全息甲板这些技术。而在实体化的最佳案例方面，没有什么能比得上具有切真实体 [12] 的音乐现场演出。在这种情况下，音乐是免费的，实体演出却是昂贵的。这一公式迅速普及开来，不仅音乐家能够有所收益，作者也能从中得到好处。图书是免费的，但亲身与作者交谈是昂贵的。现场演出巡演、TED现场演讲、电台现场节目，甚至在你面前表演厨艺的厨师，都能展现出那些本可能免费下载到的事物，其实体化付费片段所具有的威力和价值。

**可赞助（patronage）** ——从本质上讲，热心的受众和爱好者希望为创作者买单。爱好者们喜欢奖励，无论对方是艺术家、音乐家、作家、演员，还是其他创造欣赏价值的创造者，因为这能让爱好者们和倾慕的对象建立联系。但他们只在以下几种情况里才会买单：

1.支付方式必须超级简单；2.支付金额必须合理；3.可以看到支付后的收益；4.花出去的钱必须让人感到能让创造者获益。今天，很多乐队和创意项目都会提供按需付费的选项。电台司令乐队（Radiohead）[\[13\]](#) 是这方面的先锋之一。在电台司令的例子中，乐队发现2007年发布的专辑《In Rainbows》每被下载一次，他们就能获得大约2.26美元的回报，这让乐队挣到的钱比之前所有专辑加在一起的钱还要多，并且也刺激了专辑的销量，让CD卖出了几百万张。而受众仅仅因为无形的预约便付费购买的例子还有很多。

**可寻性（Discoverability）** ——上述7种原生性扎根在创意作品之内，但可寻性是一种适用于许多产品的资产。没人看到的产品没有价值，无论价格贵贱，而未被发掘的佳作更是一文不值。当世界上的图书、歌曲、电影、应用和其他所有事情都以数百万计（其中大部分都是免费的）争夺你的注意力的时候，能被寻找到就具有了价值。而鉴于被创造出来的作品每天都以爆发性的数字增长，能被寻找到就更成了难能之事。爱好者们会用很多方法从百亿千亿的产品中发掘出有价值的作品。他们利用评论、评测和品牌（出版商、厂牌、工作室），而越来越多地则依赖其他爱好者和朋友来推荐好东西。他们也越来越希望为引导买单。不久之前，《电视指南》杂志（*TV Guide Magazine*）拥有上百万的订阅读者。而读者订阅这本杂志的目的，就是为了找到电视上最好看的节目。对于电视观众来说，这些节目完全免费，一文不值。据说《电视指南》赚到的钱，比它提供指南的美国三大电视台赚到的还要多。今天，电子书的价格下降迅速，以至于不久之后，电子书基本上就是免费的。亚马逊最重要的资产并不是它的会员快递服务，而是过去几十年里积攒起来的上百万条读者评论。虽然可以在别的地方找到免费版本的电子书，但读者们还是会付费购买亚马逊的电子书包月服务Kindle Unlimited。这是因为亚马逊的评论能指导他们找到自己想读的书。Netflix也是这样。电影爱好者会向Netflix支付费用的原因，是它的推荐引擎能向用户推荐其他地方找不

到的精彩内容。这些内容或许在别处是免费的，但它们基本上被迷失与深埋在信息的汪洋大海之中。在上述例子里面，你花钱购买的并不是复制品，而是能够找到想要物品的能力。

对于创作者来说，要满足以上的8种特性，就需要新的技巧。成功不再源自对内容分发的掌握。分发近乎自动，内容全是信息流。天空中的巨大复印机会把这项工作搞定。保护复制品的科技技术也不再有用，因为复制无法停止。无论动用法律来威胁，还是利用技术上的窍门，禁止复制的尝试都不会有效果。囤积居奇作为商业技巧同样会失效。相反，这8种新的原生性要求的，是精心培育后获得的品质，而这些品质是无法通过点击鼠标就能复制的。想要在全新的领域中成功，就要掌握新出现的流动性。

某样东西一旦被数字化，就会像音乐一样，变成可以变形连接的液体。在乐坛大佬们眼里，音乐刚被数字化的时候，听众被网络吸引去的原因是他们对于免费的贪婪。但实际上，免费只是其中一种吸引力，而且没准还是最不重要的一种。成千上万的人在网络上下载音乐，一开始或许是因为免费，但他们随后就发现了更好的东西。免费音乐没有阻碍，可以顺利迁移到听众生活中的新媒体、新角色和新位置中去。声音在数字化之后具有了前所未有的强大力量，这种力量源自流动，持续不断涌向在线音乐的人流也来源于此。

在具有流动性之前，音乐是种古板呆滞的东西。30年前，作为音乐爱好者，我们的选择微乎其微。你可以从屈指可数的几个广播电台里收听主持人编排好的歌单；也可以买回一张专辑，按照唱片上排好的顺序来聆听音乐；再者，可以买回一件乐器，在昏暗无名的商店里猎寻心爱曲目的乐谱。除此之外，没有别的选择了。

流动性带来了新的力量。忘掉电台主持人的“暴政”吧。有了流动的音乐，你就具有了按照专辑或跨专辑编排曲目顺序的能力。你可以对一首歌进行缩减，也可以把它拉长，从而让播放时间变成原曲的两



倍。你可以从别人的曲子里抓取音符样本为己用，你还可以给音频加上歌词文本。你可以重新处理一支作品，好让它在车载低音炮上听起来效果更好。数字化的超导属性把音乐从黑胶唱片和氧化物磁带的狭窄限制中解放了出来。现在，你可以把一首歌从4分钟的包装中提取出来，对其加以过滤、修改、存档、重新编排、混音、打散。我们可以这样做的原因，并不仅仅由于音乐免费，还因为它打破枷锁获得了自由。现在，用音符变戏法的新花样，已经成百上千。

重要的不是复制品的数量，而是可以通过其他媒体链接、处理、注释、标记、突出、翻译、强化一份复制品的方式的数量。漫山遍野的复制品遭到废黜，价值也就随之从复制品身上转向了众多可以对作品进行回忆、注释、个性化、编辑、鉴定、展示、标记、转化和接触的方法上面。重要的是作品流动得到底有多顺畅。

至少有30家音乐流媒体服务会向听众提供一系列方法，来根据没有拘束的音乐元素来播放音乐。这个数量远比最初的Napster要多。在这些音乐服务中，我最喜欢的一家是Spotify [\[14\]](#)，因为它封装出了许多流体服务可以提供的可能性。Spotify是一个包含了3000万首歌曲的云服务。我可以从浩瀚的音乐海洋中搜索，来定位那些最特殊、最奇怪、最深奥难懂的歌曲。在它播放的时候，只需一个按钮，我就可以看到这首歌的歌词在屏幕上显示出来。它可以从我喜欢的音乐中选取一小部分出来，为我创造出一个虚拟的个人电台。我可以跳过歌曲或者删除我不想再听的歌曲，从而修改这个电台的播放列表。这种程度的音乐交互会让上一代的音乐爱好者们大吃一惊。我非常喜欢听我的朋友克里斯听的那些炫酷音乐，因为他在发现他爱好的音乐这件事上比我要认真得多。我愿意分享他的歌单，而他的歌单又可以通过订阅获得——这就意味着我实际上是在收听克里斯的音乐列表里的音乐，或者是克里斯正在实时收听的音乐。如果他的歌单里有哪首特别的歌曲是我非常喜欢的，比方说我从来没听过的鲍勃·迪伦的旧地下室录

音，我就能把它复制进我自己的播放列表里。而我的播放列表，又能分享给我其他的朋友收听。

当然，这种流媒体服务是免费的。如果我不希望看到或听到 **Spotify** 为了给音乐家付钱而展示出来的图片或音频广告，我也可以付费成为包月会员。在付费版本里，我可以把数字化文件下载到我的电脑里，而且只要我乐意，就可以立刻在其中添加音轨进行混缩。因为这个时代是流动的，所以无论在哪一台设备（包括手机）上，无论是在客厅还是厨房，我都可以播放我的播放列表和个人电台。还有一系列流媒体服务的运营方式就像是音频版的 **YouTube** 一样，比如 **SoundCloud** [\[15\]](#)。这种运营模式促使音乐爱好者上传自己的音乐，总人数已有2.5亿之多。

和这些选项所具有的美好流动性相比，几十年前我能选择的，只有少数固定的选项。难怪爱好者们会不顾音乐产业发出的逮捕威胁，扑向免费和自由。

这一切会何去何从？现在，美国有27%的音乐销售额来自流媒体模式，而这种模式的销量和CD相当。**Spotify**会把70%的订阅收入贡献给音乐厂牌。尽管如此，**Spotify**的音乐库存还是不断增长，因为像甲壳虫乐队这样和流媒体抗争的大牌抵触者还有很多。但就像世界最大音乐厂牌的老板承认的那样，流媒体席卷音乐产业是“必然”。有了流动的流媒体，音乐从此不再是名词，再一次变成了动词。

流动性进一步释放了创造力。可以变换的音乐形式鼓励业余爱好者创造出属于他们自己的歌曲，并上传到网络，将其转成新的格式。可以免费得到的新工具通过网络分发，使得音乐爱好者们可以混制音轨、采样声音、学习歌词、通过合成乐器拟建出节奏。非专业人士开始以作家雕琢一本图书的方式制作音乐：他们重新安排既有的元素

（对于作家来说，元素是字；对于音乐家来说，元素是和弦），直到自己满意为止。

数字化比特所具有的超导属性，成为释放音乐未知选项的润滑剂。音乐在数字频率上流入了广阔的新领域。在前数字时代，音乐占据了少量生态位：音乐被保存在黑胶介质上；也可以通过收音机播放；人们可以前往演唱会聆听歌曲；每年还会有上百部音乐电影拍摄出来。而在后数字时代，音乐深入到了我们生活的方方面面，试图占领我们全部的清醒时间。充满云端的音乐如同雨水一样，通过耳机浇在我们身上，无论我们是在锻炼，还是在罗马度假，亦或是在车辆管理局排队等待验车。音乐占据的生态位以爆发性的态势喷涌而出。这是个纪录片复兴的时代，每年都有数千部纪录片被拍摄出来，而每一部纪录片都需要一首配乐。故事片更是原声音乐的消费大户，囊括了数千首流行歌曲。即便是YouTube视频的制作者都知道，有效提升观众情绪的办法，是为他们的简短影片配上一曲。除此之外，需要上百小时音乐的，还有大型电子游戏。成千上万的广告需要朗朗上口的曲调。最近蔚为风尚的媒介Podcast是一种音频形式的纪录片。每天都至少有27个新的podcast被制作出来。没有一首主题曲——更常见的情况是，没有根据漫长内容谱写音乐的podcast可是相当不体面的。我们的整个生命都正在成为一张原声大碟，演出场所就是增长着的市场，它们扩张的速度就像那些流动的比特一样迅速。

文本一度主导着社交媒体的内容。下一代的社交媒体正在引入视频和声音。微信、WhatsApp、Vine [\[16\]](#)、Meerkat [\[17\]](#)、Periscope [\[18\]](#) 等许多其他社交媒体都能让你实时在朋友圈里，甚至对朋友的朋友分享视频和音频。能够迅速为音乐转调、修改歌曲、用算法创作音乐，好让你实时分享出去的工具并不遥远。个性化音乐，即用户产生的音乐，会变得稀疏平常。而在实际上，个性化音乐将会在每年创作出来的音乐里占到大头。因为音乐是流动的，它会扩张。

就像我们已经从其他艺术的逐步民主化中了解到的那样，很快你就可以不以音乐家的身份制作音乐了。100年前，拥有拍摄照片的技术能力的人们，只是一小群专注的实验者。在当时，拍摄照片的一系列流程复杂和繁琐到让人难以置信。在把一张照片“伺候”到能看的程度之前，你要有丰富的技术技巧和极大的耐心。一个摄影专家每年产出的照片，或许只有十几张。而在今天，所有人都有手机，而只要有手机，任何人都可以立刻拍出比100年前职业摄影师平均水平好上100倍的照片。我们都成了摄影师。同样地，排版曾经是门手艺。一个排字工需要多年的经验，才能把书页上的字体排印得既赏心悦目，又清晰可读。这是因为当时还没有所见即所得技术。而当时知道字间距是什么东西的人，或许只有1000个。今天，字间距已经成了小学课本里的内容，即便是新手都能利用数字工具排出的版面，要远远胜过以前平均水平排字工的成果。制图也是如此。随便一个网络潮人都能比过去最好的制图员做出更好的地图。所以，音乐也会变成这样。在新工具加速比特和副本的液态流动下，我们都会成为音乐家。

音乐如此，其他媒介也会如此。音乐产业如此，其他产业也会如此。

电影也步入了音乐的后尘。曾经，电影是个罕见的东西，位列制作成本高昂的产品之一。即便是一部B级片 [\[19\]](#)，也需要一群高薪的专业人士才能制作。昂贵的投影设备需要看护，所以看场电影，就变成了既麻烦又稀少的事情。随后，就是和文件分享网络一同出现的视频摄像机，而你也可以随时观看任何影片了。成千上万的人变成了电影系学生，开始制作自己的视频，并上传到YouTube，使其成为数十亿作品中的一员。受众金字塔再一次翻转。我们现在都是电影制作者了。

从一成不变到流动的巨大变动，可以从书籍的地位中鲜明地体现出来。最初，书籍是具有权威性的固定著作。在作者和编辑的精心雕



琢下，它们可以在一代又一代人中传承下去。一本大部头的纸书在本质上是十分稳定的。它被安放在书架上，不会移动，不会变化，或许会以这个姿态保持上千年。图书评论家尼克·卡尔（Nick Carr）[\[20\]](#)同时也是个爱书之人，他可以罗列出书籍的4种一成不变的体征。我转述如下：

**书页是一成不变的**——书的每一页会保持不变。无论什么时候，翻开到一本书的固定一页，它都是不变的。这让人感到十分可靠。也就是说，无论参考还是引述，书中某一页的内容都会是一模一样的。

**版本是一成不变的**——无论你手里拿起的书是哪一本，也无论你在任何地方，任何时间购买到了这本书。只要是同一个版本，它们就不会有所不同，所以我们才能分享其中的文字，讨论一本书的内容，而不用担心我们看到的東西是否不同。

**介质是一成不变的**——爱护得当的话，一本书可以保存很长时间（比数字格式多保存几个世纪），而书中的文字不会因为年久发生改变。

**完成度是一成不变的**——一本纸书同时意味着盖棺定论。书中的内容已经终结，是已经完成的东西。以印刷品出现的文学，部分魅力就在于它把自身交付给了纸张，几乎如同誓言一般。而作者的威望，就建立在此之上。

上述4点都是非常吸引人的特性。它们使得书籍历久弥新，使书籍成为了需要严肃对待的东西。然而任何一个喜爱纸书的人都意识到，印刷出版的书本会越来越少；而想象一个仅有少数新书付印的时代并不困难。今天，图书主要以电子书的形态问世。即便是旧本藏书，其文字也会被扫描注入到互联网的任何角落里，进而在互联网的超导线路中自由地流动。电子书，至少是我们今天看到的电子书，并不会出

现上述4种一成不变的情况。但爱书之人怀念那些一成不变时，我们应当意识到，电子书具有4种流动性，分别对应纸书的4种一成不变：

**书页是流动的**——页面成了一种灵活的单位。从智能眼镜上那微乎其微的屏幕，到一整面墙，内容会流动适应任何可用的空间，它可以适配你喜爱的阅读设备和阅读风格。书页以你为主。

**版本是流动的**——电子书的材料可以变得个性化。如果你是学生，那么你手中的版本或许会解释生词。如果你在阅读一个系列的丛书，那么这本书可以省略掉前情提要，因为你已经读过之前的那一本了。个性化的“我的图书”会在真正意义上为我量身打造。

**介质是流动的**——电子书在云端保存的成本是如此之低，以至于在没有限制的图书馆里保存一本书的费用是“免费”的。而且这本书还能再瞬间发往地球上的任何地方，无论发送时间如何，接受对象是谁。

**改进是流动的**——电子书的内容可以随时更正，也可以逐步改进。和一块毫无生气的石头相比，永无更新止境的电子书（至少在理想状态下）更像是一种动物。而这种生机勃勃的流动性也鼓舞我们成为了创造者和读者。

在这个时代主流科技的驱动下，我们看到了两种完全相反的特性：一成不变和流动不息。纸张倾向于一成不变，电子倾向于流动不息。但没有任何事情可以阻止我们发明出第三种特性——把电子融合进入纸张，或者融合进入任何一种材料里（想象一本书中的每一页，都是柔软的数字屏幕）。几乎任何实体物品都可以增加少许的流动性，而任何一种流态的事物都可以融入到实体事物中去。

在音乐、书籍和电影身上发生的，正在游戏、报纸和教育中发生。这一模式，会延伸到运输、农业和医疗健康领域。车辆、土地和

药品这样一成不变的东西将会变得流动起来。拖拉机会变成配备了轮胎的快速运转的电脑块；土地会变成网络传感器的基板；而药品会变成可以从病人那里传回信息给医生的分子信息胶囊。

以下就是流动的4个阶段：

**固定、罕见。** 最开始的情况，是耗费了大量专业经验创造出来的宝贵产品。这些产品，每一个都如同艺术品一般，完成度高，盈盈独立，通常以高质量产品的形式出售，如此才能补偿创造者付出的艰辛。

**免费、无所不在。** 最早的破坏来自于对第一阶段产品的杂乱复制，其量级之大，使得产品变成了日用品。廉价、完美的复制品近乎免费，哪里需求，就会在哪里开枝散叶。复制品的过度散播会破坏掉既有的经济。

**流动、分享。** 第二阶段的破坏是对产品的解构，产品拆散后的每一个原件，都会流动寻找新的用途，并和新的产品绑定在一起。第一阶段的产品现在成为了服务信息流。它分享自云端，变成了财富和创新的平台。

**开放、变化。** 前两个阶段引发了第三阶段的解构。强大的服务信息流和既有的“原材料”顺手把成本降低到了一点点，使得业余者只需要很少的专业技能就能创造出新产品和全新品类的产品。创造的地位发生了转变，受众因而成为了艺术家。输出、选择和质量都会突飞猛进。

以上4个流动的阶段适用于所有媒介。然而一成不变并未消亡。我们文明中大部分优秀的固定事物（例如道路、摩天大楼）不会走掉。我们会继续制造模拟介质（analog objects）的物品（椅子、盘子、鞋），但它们会吸纳数字特性，同时嵌入芯片（除了那些数量极少但

又具有超高价值的史前手工制品）。流体信息流的百花齐放不是做减法，而是做加法的过程。旧的媒介形态延续，新的媒介形态会覆盖其上。最重要的不同在于，一成不变不再是唯一的选项了。好东西不一定是静态不变的。换句话说，正确的不稳定现在成了好事。从停滞到流动，从一成不变到奔流不息，期间的变化并不意味着要放弃稳定性。这是一场对广阔边界的开垦，许多建立在可变性基础上的额外选项都会成为可能。我们正在进行方方面面的探索，从而可以在无止境的变化和形态变换的过程里，制造出东西来。

以下是不久将来中一天的生活：我点击登陆云端，进入包含了所有音乐、电影、图书、虚拟现实世界和游戏的资料库。我选择了一首歌。除了音乐之外，我还能得到这首歌的所有部分，细致到每一个和弦。这首歌的素材被分配到了不同的音轨中，也就是说，我可以只获得贝司或者鼓点的音轨，也可以只留下人声，还可以得到没有人声的音乐——用来唱卡拉OK再合适不过了。我可以通过各种各样的工具，在不影响音高和旋律的情况下延长、缩短乐曲的时长。更加专业的工具还能让我换掉歌曲里的某件乐器。我喜爱的音乐家中，有一位发布了她歌曲的另类版本（需要额外收费），此外，她甚至还提供了她创作过程中尝试的所有历史版本。

电影的情况类似。除了配乐，无数电影的桥段也会单独发布。我可以得到声音效果、每个场景（之前或者之后）添加的特效、各种镜头视角，旁白。而这些素材都是可以直接拿来使用的。有些工作室还会发布一整套可以重新编辑的花絮片段。利用如此丰富的素材，业余剪辑师会重新剪辑已经发布后的影片，并期望能够做出比原导演更好的版本。这已经成为了一种亚文化。我就在我的媒体课程里东拼西凑地做了一点出来。当然，并非所有的导演都会对有人改编自己的作品感兴趣，但这种需求如此庞大，那些内部素材的销量如此之高，以至于一些工作室会以此为生。成人分级的电影可以被改编成老幼皆宜的家庭版本。或者在暗网 [\[21\]](#) 中，G级影片 [\[22\]](#) 也可以制作出非法的



色情版本。在成千上万部已经发行的纪录片里，有许多还会根据观众、爱好者和导演添加进来的素材保持更新，继续讲述没讲完的故事。

我自己的移动设备可以制作、分享视频信息流。这些信息流生来就分好了频段，可以轻易被我的朋友们改造加工。他们可以选择背景，把我的朋友们放到异域风情的场景中，并且用一种绝佳的方式诙谐地调节氛围。每一段上传的视频都需要用另外一段基于它制作的视频回复。而无论从朋友还是从专业人士那里，人们收到一段视频、一首歌、一段文本后的自然反应，不再会是对其加以消费，而是对其加以改造。人们会对通过增减、评论、修改、变形、合并和翻译，把内容提升到新的高度。人们会继续让内容流动，会把流动的效果最大化。我对媒体的畅想，或许是充满了碎片的信息流，其中一些被我用来消费，而对于大部分媒介，我都会在某种程度上参与进去。

我们刚刚开始流动。对于某些种类的数字媒体来说，我们已经开始进入第四个阶段，但对于大部分媒体来说，我们还停留在第一个阶段。我们的日常生活和基础设施，还有很多有待液化，但它们终归会变成流动的信息流。稳定朝着减物质化和去中心化的巨大转变，意味着进一步的流动将会是必然。我们的制造环境中，大部分固化而且固定的器械将会转变成飘渺的力量，这在现在似乎成为了一项延伸出来的权利。但柔会克刚。知识将支配原子。原生的无形自唱将会在免费的基础上建立起来。现在，请畅想这个世界正在流动。

---

[1] 均为美国流行的共享用车公司，可参考国内的滴滴快的。——译者注

[2] 加拿大著名哲学家及教育家，是现代传播理论的奠基者。——译者注

[3] 均是著名的网络聊天应用，前者可以自动删除聊天记录，后者可以通过技术手段防止聊天信息被他人监听。——译者注

[4] 美国网络支付服务，Square用户可通过连接智能手机的刷卡器进行刷卡支付。Paypal是第三方网络支付平台，支付宝的基础功能与之类似。Apple Pay是苹果通过iPhone提供的手机支付功能。——译者注

[5] 第一个广泛应用P2P下载技术的音乐共享服务。1999年，唱片公司曾以侵犯版权为由对其提起诉讼。——译者注

[6] 同中国图书的发行习惯不同，欧美国家的图书往往最先发布价格较高的精装版本，等到一段时间后，才会发行价格较便宜的平装版本。——译者注

[7] 是美国一家以开发、販售Linux包并提供技术服务为业务内容的企业，其著名的产品为Red Hat Enterprise Linux。——译者注

[8] Apache软件基金会（Apache Software Foundation，简称为ASF），是专门为支持开源软件项目而办的一个非营利性组织。在它所支持的Apache项目与子项目中，所发行的软件产品都遵循Apache许可证（Apache License）。——译者注

[9] 此处“自由自在”对应的原文是“free”，同时有“免费”和“自由”的含义。——译者注

[10] 20世纪60年代成立的美国摇滚乐队，《滚石》杂志将其列为“史上最伟大的艺人”第57位。——译者注

[11] iTunes商店是苹果公司2003年推出的数字媒体网络商店，最初在线出售数字格式音乐，2008年4月成为美国最受欢迎的音乐经销商。——译者注

[12] 包括真实的乐器、真实的演奏者和现场观众。——编者注

[13] 电台司令乐队2007年发布《In Rainbows》专辑时决定采用免费增值模式，即听众可以从乐队官网上下载到普通质量的mp3文件，付费用户则可以获得音质更好的CD唱片和黑胶唱片。——译者注

[14] 起源于瑞典的音乐流媒体服务，提供包括Sony、EMI、Warner Music Group和Universal四大唱片公司和众多独立厂牌在内的、由数字版权管理的音乐。是目前全世界最大的流媒体音乐服务商。——译者注

[15] 在线音乐分享平台，允许人们合作、交流和分享原创音乐录音，总部位于德国柏林。——译者注

[16] 推特旗下的免费移动应用，允许用户创建最长6秒的短片并分享到推特、脸谱网等社交网络。——译者注

[17] 美国流行的流媒体直播应用，允许用户通过手机向关注用户进行直播。——译者注

[18] 推特旗下的流媒体直播应用。——译者注

[19] 拍摄时间短暂且低制作预算的影片，所以普遍布景简陋、道具粗糙，影片常缺乏质感，剧情也趋于公式化，没有良好的品质。——译者注

[20] 全称尼古拉斯·G·卡尔（Nicholas G. Carr），美国科技、商业领域作家。2011年获普利策非虚构类作品奖。——译者注

[21] 指只使用非常规协议和端口以及可信节点进行连接的私有网络。暗网的数据传输是匿名进行的，因此被大量用于非法交易。——译者注

[22] 根据美国电影协会制定的电影分级制度，G级影片意为所有年龄皆可观赏，影片不含或仅含少量家长认为不适合儿童观看的内容。——译者注

## 第4章

### 屏读 Screening

在古代，文化都是围绕着言语的。记忆、念诵与修辞的语言技巧向这些依凭口口相传的社会注入对于过去、对于模棱两可、对于华美言辞、对于主观认知的崇敬之情。我们曾经是言语之民（**People of the Word**）。大约500年前，科技推翻了言语。1440年，古登堡发明了金属制成的活字，将写作提升到了文化的中心位置。印刷文本意味着廉价却完美的副本，成为变化的引擎和稳定的基础，新闻、科学、数学公式和法律法规无一不从印刷中诞生。印刷向社会灌注的，是对（白纸黑字式的）精准的崇敬，是对（字据为证的）客观的追求，是对（通过作者树立的）权威的拥护<sup>[1]</sup>。真相都在书中固化终结。

大规模生产的图书改变了人们的思考方式。印刷技术扩展了既有的文字量。古英语中大致拥有的5万个词汇如今已经膨胀到了100万个。词汇选择方式越多，沟通就越丰富。媒介的选择方式越多，写作的主题就越宽阔。作者不一定只能撰写学术巨著，还可以“浪费”那些不值钱的印刷书籍来创作些让人撕心裂肺的爱情小说（最早的浪漫小说发端于1740年）。哪怕作者不是国王，也可以出版些回忆录。人们可以写下反对主流舆论的小册子，而在廉价的印刷技术帮助下，非正统的理念或许也能产生推翻国王或者教皇的影响力。作者具有的权力曾经一度催生出对作者以及作者拥有的权威的崇敬，并且哺育出了专家文化。完美“由书籍”而成就。官方把法律编纂成册，写就的合同如不使用书中的语言便不会有效。印刷、音乐、建筑、舞蹈都很重要，但西方文化的核心却是书中那一张张可以翻动的书页。到1910年，居民超过2500人的美国城镇中，有四分之三拥有公共图书馆。而美国的根基更是从文件中萌发出来的：无论是美国宪法、独立宣言，还是影

响不那么直接的《圣经》。美国的成功依赖于较高水平的识字率，依赖于强大的自由媒体，依赖于对（书面规定的）法律的忠诚，依赖于遍布全国的通用语言。我们变成了书籍之民（**People of the Book**）。

但今天，超过50亿张的数字屏幕在我们的生活中闪烁。数字显示器制造厂商还会每年生产出来38亿个新屏幕。这几乎相当于地球上的每个人每年都会得到一个新屏幕。我们会在所有平整的表面上装设显示屏。文字已经从纸浆里转移到了电脑、手机、游戏机、电视、电子显示屏和平板电脑的像素当中。字母不再白纸黑字地固定在纸上，而是在玻璃平面上以彩虹样的色彩，于眨眼间飞速来去。屏幕占据了我们的口袋、行李箱、仪表盘、客厅墙壁和建筑物的四壁。我们工作时，它们就在我们面前安坐，无论我们做的是什么样的事情。我们现在成为了屏幕之民（**People of Screen**）。

这在当下的文化中埋下了书籍之民与屏幕之民冲突的种子。今天的书籍之民善良勤奋，他们撰写报纸，编纂杂志，起草法律条文和办公室规定，为金融秩序定下规矩。他们通过书籍，通过作者散发出的权威气息生活。这种文化的根基完完全全地安置在了文本当中。可以这么说，他们全都位于同一张书页上。

书籍浩瀚无边的文化力量，源自于再生产的机器。印刷出版社快速、廉价、准确地复制了书籍。即便是一个屠夫，都可能有本《欧氏几何》或者《圣经》。印刷副本就是这样超越阶层，点亮了公民的思想。艺术和音乐领域中也出现了具有类似变革性的再生产机器，激发出的效果与书籍相当。廉价复制的图表加速了科学发展。不再昂贵的照片拷贝和音乐副本最终把书籍的再生产规则发扬光大。我们快速制造廉价艺术和音乐的时间，就像印刷图书一样迅速。

至少从20世纪开始，再生产文化就已经浇灌出了人类成就史上最美丽的花朵，创造出了创意作品前所未有的黄金时代。廉价的实体复制品已经让数百万人向自己的受众直接出售作品来赚取生活费，而不

必再去接受各种古怪的赞助。从这种模式中获益的不仅仅是作者和艺术家，还有受众：几十亿普通人第一次能在日常生活中接触到优秀作品。在贝多芬的时代，他的交响乐很少有人能听过一遍以上。而随着廉价录音的出现，爪哇岛上的理发师都能整天整天地听音乐了。

但是今天，我们中的大部分人都变成了屏幕之民。屏幕之民倾向于忽略书籍中的经典逻辑，和对书本的崇敬。他们更喜欢像素间的动态流动。他们会被电影银幕、电视屏幕、电脑屏幕、iPhone屏幕、虚拟现实眼睛屏幕、平板电脑屏幕，以及在不远的将来嵌在所有平面上的大量数字屏幕所吸引。屏幕文化是一个不断变动的世界，充满其中的是无穷无尽的新闻素材、剪辑资料和未成熟的理念。这是一条由微博、摘要、随手拍照片、简短文字和漂浮的第一印象构成的河流。其中的观念并不突出，却和方方面面交缠连结在一起。在这里，真相并非来自权威，而是由受众自己一个碎片一个碎片实时拼接出来的。屏幕之民创造他们内容，构建他们自己的真相。和流动的入口相比，一成不变的书本不再重要。文化变得快速、流动和开放。快速得就像30秒钟的电影预告片，流动、开放得就像是维基百科上的词条页面。

屏幕上的文字会变，会融入图片，会变幻色彩，甚至还会改变含义。有时候，屏幕上根本没有字，只有能引申多种含义的照片、图表和符号。许多以文本为基础的文明对这种流动性大为恐慌。在这个新的世界里，快速变化的代码（就像是不断升级的电脑代码）比固定的律法更加重要。呈现在屏幕上的代码可以不断地逼用户修改，而印制在书本中的律法却不能这样。然而代码塑造行为的能力和律法几乎一样，甚至更大。若想通过屏幕改变人们在网上行为，只要改变管理这个地方的算法即可。算法可以监督集体行为，也可以把人们引向其所偏好的方向。

书籍之民喜欢律法提供的解决方案，而屏幕之民则把技术看作是解决一切问题的灵丹妙药。真相在于，我们都处在变革当中，而在我

们之间发生的书籍文化和屏幕文化的冲突，在个体的身上也会发生。如果你接受过现代教育，那你没准就会被这两种模式困扰。这种紧张是新的常态，起源于50年前入侵我们客厅的第一块屏幕，起源于电视机那笨重宽大、热气腾腾的显像管屏幕。屏幕“祭坛”越大，我们花在阅读上的时间就越少。这一趋势延伸了下去，以至于在其后的几十年里，阅读和写作似乎即将终结了一样。教育者、知识分子和政客们在过去半个世纪里忧心忡忡，担心电视一代丧失掉写作技能。人们把一系列社会病症归结在屏幕上，而这张病症清单长度惊人。不过可以肯定，我们还在观看屏幕，而且有那么一段时间看上去确实像是没有任何人写作，或者没人能写作了。而阅读测试分数也是在几十年里连年下降。但让所有人都吃惊的是，在21世纪初，显示器上那些互相连接的炫酷超薄屏幕，还有新式的电视和平板电脑引起了写作的热潮，而这股热潮持续至今，仍没有消散。人们花在阅读上的时间差不多是20世纪80年代时的三倍。到2015年，万维网上的页面数量超过了60万亿个，而这个数字还在以每天几十亿个的速度增长。这些网页中，每一个网页都要人来写就。就在现在，普通民众每天能发布8000万条博客。书写工具也从笔变成了手机。全世界的年轻人每天能用手机写下5亿条段子，无论他们正在求学，还是已经工作。屏幕数量的增长在继续扩展人们的阅读量和写作量。美国的识字率在过去20年中一直保持不变，但那些有阅读能力的人却比以前读得更多，也写得更多。如果我们对所有屏幕上创作出的所有文字加以统计的话，我们就会发现，你每周写下的文字比你的祖母要多，无论你住在什么地方。

除了一行一行地阅读文字之外，我们现在还会阅读音乐电视那跳动无规律的歌词，也会阅读电影结束后快速上滚消失掉的职员表。我们能阅读虚拟现实化身说出的对话气泡，也会点击视频游戏里的物品标签，还会解读在线图标中的文字。“屏读”（Screening）或许是这种行为更合适的名称，而不是阅读。屏读包括阅读文字，但还包括观赏文字、阅读图像。这种新行为拥有新的特征。屏幕不用关闭，我们的视线永不离开。这就和书籍不一样。这种新的平台非常视觉化，而且

会逐渐把文字和变化的图像融合在一起。文字在屏幕上无处不在，它们会浮动在图像之上，也会充当注释和注脚，还会连接到其他文字或图像。你或许会觉得，这种新媒介就像是我们用来观赏的图书，或者像是用来阅读的电视。

尽管文字重新回到了我们的视野，但书籍之民却有理由担心，书籍和因此产生的经典阅读与写作，作为一种文化形式，会很快消亡。如果这种消亡成为现实，谁还会追随阅读书籍所鼓励的线性推理？如果对于法律文典的尊重，转而被试图控制我们行为的一行行代码所取代，谁还会遵纪守法？如果屏幕上闪烁的所有东西都几乎免费的话，谁还会付钱给作者？或许到那时，只有富人才会阅读纸张做成的书籍，只有少数人才会留心那些书页中的智慧，只有少数人才会为此付费。书籍为我们文化带来的稳定会被什么东西替代？我们会不会直接抛弃掉构筑现有文明的庞大文本基础？文学、理性思维、科学、公平、法律法规——这些现代文明中被我们所珍爱的事物，无一不创造自旧的阅读方法，而新的方法与此无关。那么在屏读到来之后，它们会变成什么样子？书籍的未来又会是怎样的？

书籍的命运值得仔细研究，因为在屏读将会转变的众多媒介中，书籍是第一个。屏读首先会改变书籍，然后会改变图书馆；之后，它会给电影和视频动手术；再之后，它会瓦解掉游戏和教育；而最终，屏读将会改变每件事。

书籍之民认为，他们理解书籍的本质：书是书页装订在一起的集合，它们会有一条书脊，好让你握在手里。过去，在封面和封底之间无论加入了什么东西，都可以用书籍的量词“本”来称呼。我们会把电话号码清单叫做“一本电话簿”，尽管“这本书”在逻辑上，并没有开端、中间和结束。一堆空白页面装订在一起，是“一本素描册”。这种空无一物的东西实在有些不害臊，但它确实有封面和封底，因此可以



用“本”来计量。在一排页面中印刷上各式各样的图片，就成了“一本画册”，哪怕这“本”东西里一个字都没有 [2] 。

今天，书籍中的纸页正在消失，留下的只是书籍的结构概念——根据一个主题串联起一堆符号，要花上一段时间才能读完。

既然书籍的传统外壳已经消失，那么怀疑书籍的组织形式是否已经成为老古董，就是很正常的事了。与现在出现的许多其他文本形式相比，书中的无形容器能否具有某种更强的优势呢？

有文学学者声称，在阅读的时候，书就真正成为了你思绪神游的虚拟空间。而有人管这种充满想象的概念状态叫做“文学空间”。这些学者认为，当你进入这种阅读空间之后，大脑的工作方式就会变得和“屏读”完全不同。神经学研究显示，学习阅读会改变脑神经回路。和跳过那些让人心烦的繁杂信息不同，你会变得情不自禁、专心致志、沉浸其中。

有人可以花上好几个小时来阅读网络上的文字，但从来不会进入到这种文学空间里，得到的反而只有碎片、线索和印象。网络最大的吸引力就在于此：五花八门的碎片化信息以松散的方式聚集在一起。但如果缺少某种牵制的话，这些松散聚集在一起的碎片化信息就会把人搞得晕头转向，把读者的注意力带离核心，在中心论述和观点之外的地方游荡。

一个分离出来的阅读设备或许能够带来帮助。到目前为止，我们已经有了平板电脑、电子书和手机。其中手机最让人吃惊。长久以来，专家一致保持着这样一种观点：没人想在巴掌大的小屏幕上阅读。但他们错了，而且错的十万八千里。我和很多人都喜欢用这种方式来读书。实际上，我们还不知道可以读书的屏幕到底可以做到多小。有一种实验性质的阅读方式，被称为“快速连续视觉展示”（Rapid Serial Visual Presentation）。这种阅读方式使用的屏幕，宽度和一个字

相当，大小就像一枚邮票一样。阅读的时候，你的眼球会保持不动，固定在单个的字上。而屏幕上的单字会一个接一个地变化成为文本中的下一个字。这样一来，你眼里看到的便是一个个单字“排在后面”组成的文字序列，而不是一行行冗长的文字。只有一个字宽的小屏幕几乎可以塞进任何地方，扩大我们可以进行阅读的地点。

Kindle和类似的电子墨水电纸书的销量，已经超过了3600万个。而这些电子书的模样，是一块能显示出单页内容的板子。点击板子，就能“翻页”。而所谓的“翻页”，其实是屏幕上的内容消失变成了另一页的东西。和纸书中使用的传统墨水相比，最近几代Kindle使用的反射式电子墨水一样能够显示出既锐利又易读的文字。然而这些电子书和印刷书籍不一样的地方在于，用电子书时，你可以从页面里复制、粘贴文本，可以顺着超链接了解更多内容，还可以和插图互动。

但是一本电子书并不是非要做成一块板子不可。人们可以用电子墨水做成像纸张一样既便宜，又柔软，又轻薄的电子纸。人们还可以把100张左右的电子纸装订在一起，加上书脊，把它们安插在漂亮的封面和封底之间。这样一来，电子书看上去就非常像是以前那些厚重的纸书了。不过这种电子书可以改变内容。就在一分钟前，书页上显示的还是一首诗，而在下一分钟，这页“纸”就变成了一张收条。然而你还可以翻动那些薄薄的书页（这种导航文本的方式很改进）。你阅读完一本书之后，可以拍打书脊，然后它就变成了一本完全不同的书。它不再是一本畅销的神秘小说，而是变成了教你如何养殖水母的指导手册。这种人工制品会被精心打造，握在手里也能带来满足。一本设计精良的电子书带给的感觉非常之好，以至于值得你为其购买一个覆有摩洛哥软牛皮的封面，制成适合你双手的样子，并引得你抚弄这些最轻薄、最光滑的页面。你或许还会拥有好几个电子书阅读器，它们都为不同内容做过优化，大小不同，形状不一。

个人来讲，我喜欢我的藏书中那些宽大的书页。我希望能有这样一个电子书阅读器：它可以折叠，很像日本的纸艺，展开之后，就有今天一张报纸的大小；或许页面数量也和今天的报纸一样。读完内容之后，我并不介意花上几分钟的时间把它叠成口袋大小。我喜欢一眼扫过好几个长篇专栏，也喜欢在同一个版面上的不同标题间挑挑拣拣。有几家研究实验室正在实验一种书的原型，它可以通过便携设备上的激光把内容又宽又大地投影到附近的平面上。一张桌子、一面墙，都能变成这种书籍中的页面，通过手势翻动。这种超大型号的页面能让你的眼球在不同的栏目间漫游，能让人产生怀旧时才有的那种激动。

数字图书的直接效果，是可以在任何时间呈现在任何屏幕上。书将会变得呼之即来。在你需要读书之前，就购买和囤积书籍的行为会消失。书不再像是一种人工制品，而更像是映入你视野的信息流。

这种液态性不只是书籍制作所面对的现实，对于消耗品来说也是如此。试想一下，无论在哪个阶段，一本书都成为了一种流程，而非制品。“书”这个字不再是名词，而成了动词。书的含义会更多地向“订购”倾斜，而非纸张或者文本 [3]。书是一种变化，是思考、写作、研究、编辑、改变、分享、社交、知化、组合、营销、进一步分享、屏读等动作的持续流动。而这种流动产生出来的书籍，又会随着时间不断变化。书籍，特别是电子书，会成为“订购”流程的副产品。屏幕上显示出的书籍，变成由订制字词和想法产生出的关系网络。它可将读者、作者、角色、想法、事实、概念和故事连接起来。而这些关系经由屏读的新方式，不断地扩大、加强、拓宽、加速、改变、重新定义。

然而，书和屏幕之间的关系仍然紧张，不时擦枪走火。目前，亚马逊、谷歌等提供屏读内容的公司，仍在遵循纽约出版商制定的规则，等待部分畅销书作者的许可。这些电子书的监管者已经同意在当

前，通过一系列方法削弱电子书的极端流动性。这些方法包括：防止读者接触容易复制粘贴的文本，禁止读者复制一本书中的大量段落，以及其他严肃处理文本的行为。

维基百科是屏读的原始文本，它所具有的可替代性，是今天的电子书所缺乏的。但电子书的文本会逐渐得到解放，而书籍的真实特性将会绽放出来。我们会发现，书籍其实从来不想被印刷成电话号码簿，也不想被印在纸上做成五金商品目录，更不想成为纸质版的说明手册。对于这些工作，可以升级与搜索的屏幕和比特比起纸张来具有太多优势。被人批注、标注、标记、收藏、总结、参考、链接、分享、传播，才是这种书籍长久以来真正想要的。数字化能让这些书籍实现“夙愿”，而且做到的还能比“夙愿”更多。

在Kindle设备中，我们已经能够看到书籍获得新自由的些许火花。在我阅读一本书时，我可以把我希望记住的段落重点标注出来（尽管还是有些麻烦）。我还能把这些重点标注的段落提取出来（今天需要费些功夫），并且选出最重要、最需要记住的部分重新阅读。更重要的是，只要我允许，我标注出的重点就可以分享给其他读者，而我也可以读到他们标出的重点。我们甚至还能从所有读者标注的重点里，过滤出最受欢迎的那些，然后通过这种方式，开始以一种全新的方式阅读书籍。我还能阅读某个特定朋友、学者或是评论家的标注。这让更广泛的受众群体能够访问另外一位作者深入阅读一本书籍时做下的珍贵旁注（前提是得到他们的允许）。以前，只有珍本书籍的收藏者才能有幸见证到这种福利。

阅读变得社交化。通过屏幕，我们能够分享的，不再只是我们正在阅读的书名，还有我们的反应，以及读书时做下的笔记。今天，我们可以重点标注段落，明天，我们就能把这些段落链接起来。我们可以在我们正在阅读的书里，选出一个词语，加上链接，导向另一本我们已经读过的书中的一个词来对比，也可以从一段话里选出一个字，

链接到一本晦涩的字典里。我们还可以从一本书里选出一个场景，链接到某部电影里的相似场景。（做到以上这些，需要能够找到相关内容的工具。）我们或许可以从我们尊敬的人那里订阅他们做下的旁注，如此一来，我们得到的就不只是他们的读书笔记，还有他们做下的旁注——他们标出的重点、他们写下的笔记、他们发出的疑问、他们获得的灵感。

图书分享网站[GoodReads \[4\]](#)上，正在发生这种智能化的读书俱乐部讨论。而这种讨论或许会伴随书籍本身，并且会通过超链接更加深入地融合到书籍里面去。所以，每当有人引述了一段特殊的段落时，评论和段落之间就会建立起一个双向的链接。即便是最微小的善举，都能汇聚起一套维基[\[5\]](#)一样的评论，这些评论会紧密地和实际文本绑定在一起。

实际上，密布在书籍中的超链接，会把所有书籍变成一个网络化的事件。关于书籍的未来，传统观点认为书仍将会是孤立存在的物品，每本之间相互独立，就像它们摆在公共图书馆书架上的样子一样。在这种情形下，每本书都不会意识到相邻的那本。一旦作者完成一部作品，这本书就是一成不变，已经完成的了。只有读者拾起这本书，用他/她的想象力让它变得生动起来时，这本书才会变得动态起来。在这种传统的观点里，未来的数字化图书馆，其主要优势是具有移动性——将一本书的全部文本转译成为比特，从而使人们可以通过屏幕在任何地方进行阅读。但这种观点忽视了由扫描书籍催生出的重大变革：在万能的图书馆（**universal library**）里，任何一本书都不会成为一座孤岛，它们全部都是相互关联的。

把墨水印刷出来的字转变成可以在屏幕上阅读的电子像素，只是创建这种全新图书馆的第一步。真正具有魔力的，将会是第二步行动，即每本书中的每一个字都被交叉链接、聚集、引述、提取、索引、分析、标注，并被编排进入文化之中，程度之深前所未有。在这

个电子书和电子文本的新世界里，每一个比特都预示着另外一个比特，每一个页面都会读取其他页面。

关于互联，我们现在能做到最好的，是把部分文本与其来源的标题，以目录学或者注脚的方式链接起来。如果能在一本著作里，把一段特定段落和另外一段链接起来的话自然更好，但以目前的技术水平来看，还是不可能的事情。不过，当我们可以深入地以句为单位链接起文件，并能让它们成为双向链接的时候，我们就会拥有网络化的书籍了。

你可以通过访问维基百科来试想这是怎样的一种场景。请把维基百科想象成一本非常庞大的书（维基百科当然是），想象成单独一本的百科全书。这本百科全书的3400万个页面里，大部分都充满了标注下划线的蓝色字体，这些标注意味着这些词可以超链接到这本百科全书中其他词条的任意位置去。这种错综复杂的关系，恰恰是维基百科，还有网络巨大力量的来源。维基百科是第一本网络化的书籍。由于每一个论点都会被交叉参考，每一个维基百科的页面都会随着时间的发展，沉浸在蓝色链接的海洋当中。随着所有书都变得完全数字化，每一本书都会随着时间的发展，积累出数量相当的蓝色下划线段落，因为每一处文字上的引用，都会在书里和书外建立起网络。书中的每一页都会发现其他页面，都会发现其他书籍。如此一来，书籍便会从它们的约束中抽身出来，并将它们自身编织在一起，成为一本巨大的元书籍（**meta-book**），成为万能的图书馆。这种以生物神经方式连接起来的集体智能，能让我们看到从单独、孤立的书中看不到的东西。

万能图书馆的梦想早已有之：在同一个地方，拥有所有知识，无论是当下的还是过去。以各种语言写就的所有书籍、所有文件、所有概念作品，都互相关联。这种愿望似曾相识，部分原因是在很久以前，我们就简单修建过这样一座图书馆：公元前300年左右建成的亚历

山大图书馆，其设计目的便是存放当时已知世界中所有流传的卷轴。曾几何时，这座图书馆存放了大约50万个卷轴，几乎是当时世界既有图书的30%到70%。但即便如此，在这座伟大的图书馆灰飞烟灭之前，知识可以存放在同一栋建筑里的时代就早已消逝了。从那时起，信息已经逐步扩大到了我们无法容纳它的地步。2000年来，万能图书馆，和隐身斗篷、反重力鞋和无纸化办公等人们长久以来的渴望一起，已经成为了一种神话般的梦想，不断向无限的未来中撤退。不过，我们对存放所有知识的伟大图书馆如此渴望，它能否真的成为我们看得见摸得着的现实呢？

正在备份整个互联网的档案保管员布鲁斯特·卡利（**Brewster Kahle**）认为，伟大的图书馆现在就能成为现实。“这是我们超过古希腊人的机会！”他称颂道，“不需要等到明天，用今天的科技，它就真的有可能成为现实。我们可以把所有的人类著作提供给世界上所有人。它将会是一个永世难忘的成就，就像把人送到月球上去那样。”而且和仅限精英使用旧式图书馆不同，这种图书馆将会变成真正的民主化图书馆，其中的每一本书，都会以每一种语言提供给在这个行星上生活的每一个人。

理论上，在如此完整的一座图书馆里，我们应该能够阅读到所有报纸、杂志、期刊上发表的文章。从古至今所有艺术家创作出的画作、照片、电影和音乐，万能图书馆也都应该收录一份副本。而且，所有的广播、电视节目，也都应该收录其中。还有广告。当然，这座巨大的图书馆自然需要一份数十亿早已下线的网页，和现已消逝、以百亿计的博客博文的副本——它们是在我们的时代短暂存在过的文学。简单来说，人类有史以来的所有作品，无论语言，都应当在任何时间，向任何人开放。

这会是一座极其巨大的图书馆。从苏美尔人在泥板上写下楔形文字到现在，人类已经至少“出版”了3.1亿本书，14亿篇文章和论述，1.8



亿首歌曲，3.5万亿幅图像，327514部电影，10亿个小时的视频、电视节目和短片，60万亿个公共网页。这些资料目前全部存放在世界各地的图书馆和档案馆中。它们全部数字化后，数据可以压缩存放到一个50PB大小的硬盘上（以目前的技术水平）。10年前，你需要一座小城镇图书馆大小的空间才能存储50PB的数据，而今天，这个万能的图书馆只要卧室大小就能填满。以明天的技术，它会全部塞进你的手机。到这一切发生时，收录所有图书馆的图书馆就会进入到你的钱包当中——前提是它不会通过细白的线缆直接接入你的大脑当中。部分生活在今天的人，完全有希望在有生之年看到这种事情发生。而其他，大部分是年轻人，则想知道是什么东西让它拖了这么久才发生（我们能不能把它搞好，下个礼拜就运行起来？它们足以形成一个历史工程了）。

不过，能带给我们整个星球书写资料来源的科技，还会以同样的方式，转变我们今天称之为“书”的，以及存放书的图书馆的本质。万能的图书馆，以及它所收录的“书”，将会和今天我们已知的任何一座图书馆、任何一本书都不一样，因为我们不只会阅读这些书，我们还会以屏读的方式阅读它们。在维基百科取得大规模互联成功的支持下，许多技术宅相信，数十亿的读者可以可靠地将旧书籍中的书页编织在一起，依次建立起超链接。久而久之，那些对无名作家、珍品图书等特殊主题怀有激情的人，将会连接起这座图书馆最重要的部分。普普通通的慷慨之举乘以百万计的读者，万能图书馆便会由此聚集起全面的内容。它们来自爱好者，面向爱好者。

除了能将字词、语句、书本精确联系起来的链接之外，读者还能添加标签（tag）。标签是公共记下的标注，就像关键词和分类名一样，依附在文件、页面、图片和歌曲之上。借助标签，任何人都能根据它来搜索文件。比方说，在照片分享网站Flickr上，数以百计的观赏者会根据他们自己对照片认知产生的简单分类，为其他用户上传的照片加上标签：比如说“山羊”、“巴黎”、“笨蛋”、“海滩派对”，等等。推



特上的标签则注明了微博内容的理念或主题。某人照片的标签或许会是主人在脸谱网上的名字。因为标签是在少量正式规则下，由用户以自由形式产生的内容，所以书籍世界接纳标签之后，书就会以更快的速度，更广的范围，和更优质的服务被分发出去，这比僵化难用的杜威十进制图书分类法 [6]（Dewey Decimal System）要好用得多，特别是在纳米科学或人体识别等前沿领域。基于人工智能的搜索技术取代了需要大量训练才能使用的分类系统。实际上，永远不会休息的人工智能，将会为文本和图像自动加上数以百万计的标签，如此一来，任何寻求智慧的人都能从万能图书馆中汲取养分。

链接和标签或许是过去50年里最重要的发明。在被编入文本的代码当之中时，它们就获得了第一股力量，但是它们真正的变革性力量，是普通用户在每天的网络浏览中通过点击释放出来的。用户没有意识到，每一个普普通通的点击，都是对一个链接的“投票”，这会提升它的相关登记。你或许认为你只是无意间瞅瞅这篇文章，浏览下那个网页而已，但实际上，你正在用面包屑一般琐碎的注意力，匿名地构建出整个网络。这些兴趣的碎片被搜索引擎汇聚在一起，加以分析，从而强化了每一个链接的终点和每一个标签建立的联系之间的关系。这种智能自网络诞生以来，就在网络之中生根发芽，只不过对于书籍世界来说，此前一直犹如另一个国度一般。由于链接和标签，对万能图书馆进行屏读变得可能，而且威力巨大。

这种效应在科学领域显现得尤为明显。科学是一项长期的运动，它把世界上所有的知识编织成了一张由事实组成的网络。这张网巨大无垠，相互关联，富含各式注脚和同行审议。对于科学来说，独立事实的价值微乎其微，哪怕它在自己的世界中能讲得通。（实际上，伪科学和超科学就像是没有和科学这个巨大网络相连的小池塘。它们只在自己的网络里才有效。）在这种方式下，科学网络中新加入的所有新发现和新数据，都会提升其他数据观点的价值。

一旦一本书以这种连接方式被收录进方兴未艾的万能图书馆，它的文本就不再会独立于其他书籍中的文本。举例来说，今天一本严肃的非虚构著作通常会有书目，而且还会有某种类型的注脚。当书籍深度连接起来之后，你就能在任何书目或注脚里点击标题，寻找到注脚中标明的参考书籍。而在数目中列出的参考书籍，又会使它们自身变得唾手可得。如此一来，你就可以用我们在网页中通过链接跳转的方式，在图书馆的书籍中跳转，从一个注脚中发现另一个注脚，直到抵达事物最根本的核心为止。

接下来便是词语。就像一篇介绍珊瑚礁的网络文章一样，它会在部分词语上加入链接，导向对鱼类的介绍。数字化书籍当中的任何以及所有词语，都能用超链接的方式接入另一本书的其他部分。书籍，包括虚构作品在内，将会变成名字组成的网络，以及理念构成的群落。

在未来30年里，学者和爱好者们会借助计算机算法，将全部书籍编织成一个单一的文献网络。一个读者会贡献出一个理念的社会化图景、一项概念的时间线，以及对图书馆中任何观念具有影响力的网络地图。我们将会理解，没有任何著作，没有任何理念会是出类拔萃的。但所有优秀、真实和美丽的事物，都是互偶部分和相关实体组成的生态系统。

即便在书籍的核心特征变成了单一作者编写之后（对于大部分书来说这很有可能），书中网络化的补充参考、讨论、批评、书目和围绕一本书设置的超链接或许都将成为一种协作。缺乏这种网络的书籍，将会显得空无一物。

与此同时，书籍一旦数字化之后，就可以被拆分为单独的页面，甚至会被进一步解构成为页面中的片段。这些片段可以混合进入重新编排的书籍和虚拟书架当中。就像今天的音乐听众将歌曲改编、混缩进新的专辑或播放列表一样，万能图书馆也将鼓励读者创建虚拟“书

架”——一种文本的集合，有的短小精悍，有的长篇累牍，从而形成一个关于某类特殊信息的图书馆“书架”。而且就像音乐播放列表一样，这些“书架”或者书籍组成的播放列表，一旦创建，就会面向普通大众公开和交换。实际上，部分作者将会开始撰写以片段方式阅读的书籍，还会创作能混合页面的著作。能够推动未来参考书（菜谱、手册、旅行指南）的，肯定是具有购买、阅读和复制单独页面或部分的能力。你或许会策划出你自己的“菜谱书架”，也可以通过许多不同的来源，编纂出一本卡津人 [\[7\]](#) 食谱汇编出来，其中包括网页、杂志、剪报和整本的卡津人菜谱。网络剪贴板网站Pinterest允许人们创建出包含引述、图像、段子、照片的剪贴本。亚马逊最近向你提供了一个机会，让你公开自己的书架（亚马逊管它叫listmanias）——这是你标注出来的书单，其中都是你想推荐的某些冷门主题图书。而读者们已经在使用谷歌图书搜索来根据特定主题（比如所有关于瑞典桑拿浴的书籍，介绍钟表的经典作品等）组建迷你图书馆了。一旦书籍中的片段、文章和页面变得无处不在并且可以混合和传递，用户就会通过创建优秀的合集获得威望甚至收入。

图书馆（还有许多人）并不情愿放弃掉白纸黑字的老式书籍，因为印刷书籍是目前为止最长久、最可靠的长期存储技术。印刷而成的书籍并不需要通过中间设备阅读，因此对技术更迭带来的淘汰免疫。除此之外，和硬盘或者CD相比，纸张还非常稳定。忠于作者最初想象的、不会改变的版本排除了重混、编排的干扰，往往会成为最有价值的版本。如此一来，精装书稳定而不易改变的特性，便成了好事。它始终如一、忠实地反映着它的原始创作，却也孑然一身、孤立无助。

那么，当世界上所有书籍都由互联的词语和理念构成为一张流动的织物后，将会发生什么呢？会有以下四件事情发生：

第一，处在流行边缘的作品将会找到受众。虽然数量很少，但远比它们今天近乎为零的受众要多。发现一本用爱倾注而成的南印度牧

师的素食食谱杰作，将会变得更容易。世界上大部分书籍的销量或者很低，或者为零，远在分布曲线的“长尾”之外。但在这里，数字化的相互链接会提升任何作品的读者数量，无论它有多么地晦涩难懂。

第二，随着文明进程中每一份原始文档都将被扫描并交叉链接，万能图书馆将增强我们对历史的理解。这些被收录的文档包括所有的黄色新闻小报 [8]、未被使用的电话号码簿、落满灰尘的县志档案，以及封存在地下室中的老旧账簿。过去会更多地和今天相连，增进我们对今天的理解，和对过去的欣赏。

第三，收录所有书籍的万能图书馆，将会培育出新形式的权威。如果你能通过一个特殊的主题，将所有文本忠实地结合起来，无论古今，无论语言，那么你就会对我们文明的本质、人类物种的本质以及人类知识的范围和界限，有更清晰地视野。人类的共同无知所造就的空白空间将会突显，而人类知识巅峰的面貌将会更加完整。今天，只有少数学者达到了这种程度的成就并且成为权威，但它会变得司空见惯。

第四，也是最后一件事情，全面、完整，收录所有著作的万能图书馆会比只是改进搜索技术的图书馆变得更好。它将成为文化生活的平台，在某种程度上将书籍中的知识还原回到其核心。现在，如果你把Google Maps和Monster.com [9] 混合起来，你就会得到一张张根据薪水标注工作地点的地图。以此类推，在这座巨大的图书馆里，人们很容易看到所有曾被描写过的事物。举例来说，当你通过类似谷歌眼镜 [10] 的可穿戴屏幕，“置身”伦敦的特拉法加广场 [11] 时，广场就会出现在你眼前。同样地，地球上的所有物体、事件和地点，都会“知道”曾在任何书中、以任何语言、在任何时间写下的任何事情。一种新的文化参与从这种深层次的知识结构中产生。你会全身心地与万能书籍展开互动。

不久，在收录一切的万能图书馆之外的书籍，就会变得像网络之外的网页一样苟延残喘。实际上，就书籍本质而言，在我们的文化中，维持书籍不断下降的权威性的唯一方法，就是将它们的文本接入到万能图书馆中。大部分新作品将以数字化的面貌问世，并且会流进万能图书馆。而你则或许会为一篇长篇小说加入更多文字。公共领域的模拟介质图书是一片广袤大陆，此外还有2500万著作是既没有印刷，也没有进入公共领域的孤本。它们最终会被扫描和连接。在书籍传统和屏幕协议之间的碰撞中，屏幕将会获胜。

网络化书籍的惊奇之处，是它们永远不会写完。或者说，它们不再是纪念碑，而是变成了文字的信息流。维基百科是编辑记录的信息流，任何尝试过引用它的人都能意识到这点。书籍不仅可以在时间上网络化，在空间上也可以。

但为什么还要自寻烦恼地管这些东西叫做书籍呢？根据定义，一本网络化的书籍，是没有中心的，并且到处都是边缘。万能图书馆的计量单位，会不会是句、段、章，而不是书呢？会的。但长篇巨制自有其力量。别出心裁的故事，一致的叙述方式，以及严谨的论述，总是强烈地吸引着我们。网络会被一种自然的共鸣吸引，围绕在其周围。虽然我们会将书籍解构，把组成它们的点点滴滴编织进入网络，但书籍更高层次的组织形式，将会专注于我们的注意力。它在我们的经济中，会保持稀缺状态。一本书，就是一种注意力单位。事实固然有趣，理念自然重要，但只有精彩的故事、精妙的论述、精心打造的叙述才会让人赞叹，永生难忘。就像穆里尔·鲁凯泽 [\[12\]](#) 所说的那样：“组成宇宙的是故事，而非原子。”

这些故事将会通过屏幕呈现出来。无论我们向哪里望去，都会看到屏幕。有一天，我在给汽车轮胎充气时看了一部电影中的些许片段。另一天晚上，我则在一架飞机的后座上看了部电影。而今天晚上的早些时候，我又在手机上看了部电影。我们在任何地点观看着屏



幕。播放视频的屏幕会在最出乎意料的地方——例如在ATM机上和超市结款台前，突然出现。这些不断出现的屏幕已经为极其短小、只有三分钟的电影创造出了受众，而廉价的数字创作工具则已经将新一代的电影制作者们武装起来，他们在迅速地为那些屏幕填充内容。我们正前往一个屏幕无处不在的时代。

屏幕需要的不只是你的目光。我们读书时，最常见的肢体动作是翻书和折页。但屏幕也能够吸引我们的身体。触摸屏会对手指的不断触摸做出反应。任天堂Wii这种游戏机上的传感器 [\[13\]](#) 会追踪我们手与胳膊的动作。电子游戏屏幕的控制器会让手指快速颤动。而我们在虚拟现实头盔和眼镜中看到的最尖端的屏幕，则会引导我们全身运动起来。这些屏幕触发了互动，其中一些最新的屏幕（例如三星Galaxy手机上使用的那种）可以跟踪我们的眼球动作，预测我们将会看向哪里。屏幕将会知道我们在注意什么，注意了多长时间。智能软件现在也可以在我们阅读屏幕的同时，读取我们的情绪，并且能根据我们情绪做出反应，改变我们即将看到的东西。阅读几乎变成一种运动。就像5个世纪以前，大家看到有人默读时会感到奇怪一样，在未来，若有人观看着屏幕，身体却没有对内容产生反应的话，也会看起来很奇怪。

书籍曾擅长培养出深思的头脑，屏幕则鼓励更加功利性地思考。人们提出新理念、发现不为自己熟悉的事实之后，屏读会激起人们的反应，敦促他们去做些什么：人们可以研究术语；可以征询“屏友”的意见；可以查询其他观点；可以创建书签；可以与事物互动，或是发相关微博，而不只是坐在那里深思。阅读书籍会增强我们的分析能力，鼓励我们一路探求到脚注，然后得出观察结论。而屏读则鼓励我们快速建立起模式，将不同的理念结合在一起，从而将自己武装起来以面对每天数以千计的新想法。屏读会实时培养思想。我们会一边观看电影，一边对其评论。我们也可以在论据中提取出模糊不清的事实。我们还可以在购买小玩意之前，先阅读用户说明书，而不是等

买了之后才发现它没法完成我们想要它完成的事情。屏幕是“当下”的工具。

屏幕用激发行动取代了劝阻行动。宣传在满是屏幕的世界里变得越来越没有效果，因为在假消息的传播速度和电子一样快的同时，更正信息的传播速度也是如此。维基百科之所以能够运行得这样不错，是因为它只需要一次点击就可以移除错误。这使其从一开始，就在消除错误信息方面比发布它要容易得多。在书中，我们找到被揭示出的真理；在屏幕上，我们通过碎片组合出自己的迷思。在网络化的屏幕上，一切与一切链接。新作品的地位并非由评论家的评分，而是根据它与其余世界的链接程度来判定。无论是人、物还是事，直到他们被链接，才得以“存在”。

屏幕能够揭示出事物的内在本质。在制造品上挥挥智能手机的摄像头，就可以得知它的价格、产地、成分和其他拥有者对它的评论。通过合适的App，例如谷歌翻译，手机屏幕就可以把菜单、指示牌上的外语以同样的字体即时翻译成你的母语。还有一种手机App，可以通过只出现在屏幕上的额外行为与互动，增强一只被填充过的儿童玩具的功能。这就好像是屏幕展示出了物品的无形本质。

随着移动屏幕变得更大、更轻盈、更强大，它们会被用来观察更多的这种内在世界。在街上行走时，只要拿上一块电子平板，或者戴上一副魔术眼镜或隐形眼镜，你就会看到前方被注释覆盖的真实街道：你会看到哪里的厕所干净，哪些商店卖的东西你会喜欢，你的朋友正在哪里闲逛……计算机芯片变得如此之小，屏幕也变得如此轻薄和便宜，以至于在未来30年，半透明的眼镜会为现实提供出一层信息。如果你拿起一件东西，并通过这种眼镜来看，那么这个东西（地方）的本质信息将会以文本覆盖的方式显现出来。通过这种方法，屏幕将能让我们“阅读”一切，而不仅仅是文本。

是的，这些眼镜看上去愚蠢不堪，就像谷歌眼镜证明的那样。但解决外观问题，让它们既时尚又舒适，还需要一段时间。仅仅去年一年，就有100亿亿（ $10^{18}$ ）只晶体管被集成进了电脑之外的物体当中。很快，从鞋子到罐头汤，这些最常见的制造品中都会包含一小块银色芯片，其中隐藏着智能。而屏幕将会成为我们用来和无处不在的知化互动的工具。我们会乐见这一切发生。

更重要的是，我们的屏幕还会观察我们。它们将会成为我们的镜子，成为我们对之凝视以找到自我的那些水井。它们并非映照我们的面容，而是映照我们的自我。已经有数百万人用口袋里的袖珍屏幕来输入自己的位置、饮食、体重、情绪、睡眠情况以及所见所闻。少数先锋已经开始了“life logging”，即记录生活中每一个微小的细节，包括对话、照片和活动。屏幕既可以记录，又可以播放这些活动的数据库。不断自我追踪的结果，是对他们生活没有瑕疵的“记忆”，也是对他们自身客观且可量化的审视。没有任何书籍可以提供这些。屏幕成为了我们身份的一部分。

我们在全方位、全尺寸地进行屏读：大到IMAX屏幕，小到苹果的Apple Watch。在不远的未来，我们将永远不会远离各种屏幕。屏幕将会成为我们寻找答案、寻找朋友、寻找新闻、寻找意义、寻找我们自己是谁以及能够成为谁的首选目标。

在不远的未来，我一天的生活将会是下面这样：

早上醒来，我还没有下床，就开始了屏读。我通过手腕上的屏幕查看了时间和闹钟，又看了看紧急新闻和滚动的天气情况。我在床边的一块小屏幕上查看了来自朋友的消息。之后，我用手指擦掉这些消息。我走进浴室，在墙上的屏读了最新的艺术品——朋友们拍摄的炫酷照片，和昨天的照片相比，它们更加欢乐，更加阳光。穿衣服的时



候，我屏读了衣橱里的衣服。屏幕显示，红色袜子和我的衬衫搭配起来会更好。

在厨房，我通过屏幕浏览新闻全文。我喜欢平铺在桌面上的显示器。我在桌面上方挥动胳膊，就可以修改文本信息流的方向。我转而屏读厨房里的橱柜，寻找我最喜欢的麦片。橱柜门上的屏幕能显示出门后有什么东西。飘浮在冰箱上方的屏幕告诉我里面有新鲜的牛奶，于是我打开冰箱，取出牛奶。牛奶外包装上的屏幕想要让我玩一个游戏，但我退了出去。我屏读了碗，确认它是从洗碗机里拿出来的干净碗。在吃麦片粥的时候，我查询了盒子上的屏幕，来看看它是否新鲜，以及是否像一个朋友说的那样，麦片里有基因标记。我低头继续阅读桌子上的新闻和故事。当我专心阅读的时候，屏幕就会出现提醒，而新闻也会显示出更多的章节。我屏读得越深，文本中就会产生出更多的链接和更密的图片。我开始屏读一篇对本地市长的调查报道，这是篇长篇大论，但我要送儿子去上学了。

我冲向汽车。在车里，我还能继续刚才在厨房里被打断的故事。我的汽车可以为我屏读这篇报道，并在我开车的时候高声朗读出来。我们在高速公路上开车经过的沿途建筑，本身就是屏幕。它们往往只显示针对我的广告，因为它们认识我的车。这些屏幕都是激光投影屏幕，这意味着它们可以聚焦出只有我才能看到的图像，而其他路过的人从同一块屏幕中看到的内容却是不一样的。我通常会忽略它们，除非它们显示出的是和我正在车里屏读的故事相关的图片或图表。我屏读交通状况，来找出哪条路在今天早上最不拥堵。虽然汽车的导航设备能从其他司机的路线中学习，并且基本上会提供最佳路线，但也不免偶尔犯傻，所以我仍然想屏读下交通情况。

在我儿子的学校里，我看到走廊一面显示出的公共墙。我举起手掌，说出我的名字，屏幕就会通过我的面貌、眼镜、指纹和声音认出我来。它转变成我的个人界面。如果不介意在走廊里泄露隐私的话，

我就可以在那里屏读信息。我还可以使用我手腕上的微小屏幕。我看了一眼想要仔细屏读的信息，然后将其扩展开。其中一些信息被我转发出去，剩下的那些则被我归了档。其中一条信息十分紧急。我在空中捏了一下，就立刻屏读到一场虚拟会议中。我在印度的合伙人正在同我交谈，他们正在班加罗尔 [\[14\]](#) 对我屏读。这种感觉非常真实。

终于，我到了办公室。刚碰到椅子，我的房间就认出了我，房间里包括桌子上的所有屏幕都为我做好了准备，让我从上次暂停的地方继续工作。在我处理一天的工作时，屏幕上的双双眼睛紧密地观察着我，尤其是我的手和眼睛。除了键盘输入之外，我还非常擅长使用全新的手势命令。在观看我工作16年之后，它们终于能参与进不少我的工作里来了。其他任何人都看不懂我屏幕上的符号序列，就像同事屏幕上的序列也让我犯迷糊一样。我们一同工作，却各自处在不同的屏读环境中。我们一面在房间里手舞足蹈，一面注视、抓取着不同的工具。我是个有点儿老派的人，仍然喜欢在手里握着小一些的屏幕。我最喜欢用的还是和我上大学时那种有皮革保护套的屏幕（屏幕是新的，但保护套是旧的），这种屏幕和我毕业后拍摄一部讲述睡在商场里的移民的纪录片时所用的屏幕是同一种。我的双手已经习惯了它，而它也习惯了我的手势。

下班后，我在户外慢跑的时候戴上了增强眼镜。我的跑步线路跃然出现在了 my 面前。在路线上方，我还看到了心率、代谢统计等实时显示出来的全部锻炼数据。我还屏读了图景地点上更新后的虚拟标注。我在眼镜里看到一条笔记，是我朋友一个小时前在同一条线路上跑步时，记录下的替代路线。此外，我还在一系列熟悉的地标上看到了本地历史俱乐部（我是会员）留下的历史介绍。或许有一天，我会尝试下识别鸟类的App。当我路过公园时，那些鸟的名字就会贴在我的眼镜上了。

回家吃晚饭的时候，我们不允许个人屏幕出现在餐桌上，但还是屏读出了房间里的情绪颜色。晚饭过后，我会用屏读的方式来放松。我关注的一位世界构建师水平惊人，他新创建了一座卫星城市，我要戴上虚拟现实头盔去探索一番。有时我会沉浸在一部3D电影中，有时则会加入一场仿真游戏。和其他学生一样，我的儿子也屏读着他的家庭作业，尤其他的个人辅导。虽然一有机会他就会玩起屏读探险游戏，但在上学期间，我们把这个时间限制在了一个小时。他可以花一个小时就屏读一场仿真游戏——全程用快速屏读的方式，而与此同时，他还能在其他三张屏幕上屏读信息和照片。另一方面，我也试着慢下来。有时候，我会在我膝上的平板上屏读一本书，与此同时，墙上屏幕的文件压缩包会释放出缓慢悠长的景观。我的伴侣最喜欢不过的事情就是躺在床上，望着天花板屏读她最喜欢的故事，直到睡着。而我躺下后，会在手腕上的屏幕上把闹钟设置成早上6点。接下来的8个小时里，我将暂停屏读。

---

[1] 英语中的“权威”（Authority）是“作者”（author）的派生词，由表示作者的author和表示性质、状态的后缀-ity构成。——译者注

[2] 作者原文意思是“无论什么东西，只要被夹在了封面和封底之间，就能成为‘书’（book）。”电话簿（yellowbook）、素描册（Sketchbook）、画册（coffee table book）在英文中都有“书”（book）的含义，但对应的中文并没有这种说法，因此此处用意译代替。——译者注

[3] 此处的“书”和“订购”对应的原文都是book，该词为多义词，名词含义是书，动词含义为订购。——译者注

[4] Goodreads是一家图书分享型社交网站，允许访客搜索网站内的书目、注释和书评。注册用户 can 添加新书目和推荐书单，也可以建立自己的图书讨论小组。——译者注

[5] 维基（Wiki）是一种在网络上开放且可供多人协同创作的超文本系统，使用维基系统的网站称为Wiki网站，它允许任何访问它的人快速轻易地添加、删除和编辑所有内容，而且通常都不需登录，因此特别适合团队合作的写作方式。——译者注

[6] 杜威十进制图书分类法，是由美国图书馆学家麦尔威·杜威于1876年提出的图书分类法，经过22次大改版后，已被全球超过135个国家的图书馆采用。在美国，几乎所有公共图书馆和学校图书馆都采用这种分类方法。——编者注

[7] 卡津人（Cajuns），又称阿卡迪亚克里奥尔人（Acadian-Creoles），是主要居住在美国路易斯安那州的一个族群，主要由被流放的法国殖民者后裔组成，大多数是早期法国殖民者和北美洲原住民的混血后代。自在路易斯安那定居后，卡津人发展出了生机勃勃的文化，包括独特的风俗、音乐和食物。——译者注

[8] 黄色新闻是新闻报道和媒体编辑的一种取向。在理论上，以煽情为基础；在操作层面上，注重犯罪、丑闻、流言蜚语、灾异、性等问题的报道，采取种种手段以达到迅速吸引读者注意，同时策动社会运动。19世纪末美国报业大亨威廉·赫斯特和约瑟夫·普利策之间的报业竞争使黄色新闻成为美国新闻史上一种正式潮流。——译者注

[9] 是美国访问量最高的求职网站。——译者注

[10] 是谷歌开发的可穿戴智能设备，眼镜上附有小型显示器，具有信息浏览、增强现实、智能语音操作等功能。——译者注

[11] 特拉法加广场（Trafalgar Square）是伦敦市的著名景点，建于1805年。——译者注

[12] 穆里尔·鲁凯泽（Muriel Rukeyser），20世纪美国女诗人与政治活动家，倡导女性平等、自由。——译者注

[13] Wii是日本任天堂公司制造的体感游戏机，游戏机可以通过手柄上的传感器检测玩家的肢体动作，从而使玩家可以在屏幕前挥动身体操作游戏。——译者注

[14] 印度城市，以软件外包行业闻名。——译者注

## 第5章

### 使用 Accessing

来自Techcrunch [1] 的一名记者最近注意到一些现象：“优步作为世界上最大的出租车公司，却不拥有任何出租车辆。脸谱网作为世界上最流行的媒体平台，却不创造任何内容。阿里巴巴作为最有价值的零售公司，却没有任何库存。另外，Airbnb [2] 作为世界上最大的短租住宿供应商，却并不拥有任何房产。一些有意思的事情正在发生。”

实际上，数字媒体领域也有着类似的现象。Netflix作为世界上最大的视频供应商，准许我观看一部电影而无需拥有它。Spotify作为世界上最大的音乐流媒体公司，准许我聆听任何我想听的音乐而无需拥有其中的任何一个。亚马逊公司的Kindle Unlimited服务使我能够阅读60万本电子书中的任何一本而无需拥有任何一本，索尼公司的PlayStation Now服务使我可以畅玩游戏库中的各种游戏而无需全部购买它们。每一年我使用的东西都要比我实际拥有的多。

对事物的占有不再像曾经那样重要，而对事物的使用则比以往更加重要。

假设你住在世界上最大的租赁店里，为何还要占有什么东西呢？在伸手可及的地方，你就可以借到任何你需要的东西。即时的借取使你能够享受到占有一件物品时的绝大多数利益，同时减少了占有它所带来的一些不利因素。你无需承担清洗、修理、存储、归类、投保、升级和保养等责任。如果这个租赁店是一个魔法橱柜，好比玛丽·波平斯 [3] 的手提袋，在这无底洞似的容器里挤满了无数的可供选择的工

具，又会怎样呢？你所需要做的就只是在外面敲一敲，说出你想要的东西，在一阵咒语过后，它就出现了。

先进的科学技术已经使得这一魔法租赁店变成了现实，它就是因特网的世界、互联网的世界、手机的世界，它的虚拟橱柜是无限大的。在这个最大的租赁店里，最普通的市民也可以很快地获取一件商品或一次服务，其速度之快就好像这个商品是他自己的一样。有些情况下，商品的获取速度可能比你从自己的“地下室”里找到自己的那件东西还要快。商品的质量也同你能拥有的一样好。就某些方面而言，使用权要优于所有权，以至于使用权正在开拓经济的新领域。

在我们向使用权靠拢并远离所有权的长期进程中，有五个深层的科技发展趋势起着推动促进的作用。

## 减物质化（Dematerialization）

在过去的30年里，这一趋势已经使得我们可以用更少的物料制作更好的东西。这一趋势的经典事例就是啤酒罐，它的基本形状、大小和功能已经有80年没什么变化了。在1950年时，一个啤酒罐是由镀锡钢做成，重量可达73克。在1970年时，更轻、更薄也较为灵巧塑形的铝制罐子将其重量降至16克。采用更为精巧的折叠和弯曲工艺使得原材料的使用大大减少，以至于现在的啤酒罐重量只有13.5克，或者说只有当初重量的五分之一。而且现在的罐子也不再需要开瓶器。仅用20%的物料就带来更大的收益，这就称之为减物质化。

平均来看，大多数现代产品都在经历着减物质化。自从20世纪70年代开始，汽车的平均重量已经下降了25%。各种功能的家用电器也在变得更轻。当然，通信技术有着最为鲜明的减物质化倾向。曾经巨大厚重的个人电脑显示器缩小为平板式的屏幕（但是我们电视的尺寸

在增加！），而曾在桌子上放置的笨重的电话机已经变得可以装进口袋了。有时，我们产品的重量没有减轻，而是增加了一些新功能，但是总体的趋势是产品倾向于使用更少的物质。也许我们并没有注意到这一趋势，这是因为虽然每个物品使用了更少的材料，但是随着经济的增长，我们使用的东西变多了，所以总体来看我们向生活中添加了更多的东西。即使如此，为获得一美元的GDP产出，我们所需投入的物质总量在减少，这说明我们在用更少的物质创造更大的价值。在过去的150年里，我们产出一个单位GDP所需投入的物质质量一直在减少，而且在过去的20年里减少的速度变得更快了。在1870年，需要花费4公斤重的物质才能产生1美元单位的GDP。在1930年时，只需要1公斤物质。最近，每公斤物质投入所产生的GDP价值从1977年的1.64美元增长到2000年的3.58美元，这说明在23年里减物质化进程产生了翻倍的效果。

数字科技通过加速产品向服务的转变来促进减物质化趋势。服务的液态本质使得它们无需与物品绑定，但减物质化并非仅与数字产品有关。即使是固态的实体商品——比如苏打水罐，在嵌入更少的材料时也能产生更多的效益，这是因为它们沉重的原子被没有任何重量的比特替换了。有形的材料被无形的所替代——无形的材料包括更好的设计、创新的过程、智能芯片，以及不可或缺的网络连接——这些无形的材料在承担着曾经需要大量铝原子来做的工作。像这样把类似人工智能的软材料嵌入到类似铝原子的硬材料里，就使得硬材料在运作时变得更像软件了。实物商品在嵌入越来越多的比特后，运作起来就好像是没有形态的服务。名词变成了动词，硬件运作起来就像软件在硅谷，人们将这一现象描述为：“软件吃掉一切东西。”

一辆汽车使用的钢铁材料在逐步减少，取而代之的是质量较轻的硅材料。事实上，现在的一辆汽车更像是一个装有车轮的电脑。智能的硅材料使得汽车的引擎性能、刹车效果和安全性都得以提升，而这些改变在电动车身上更为突出。这一台转动的电脑将会与网络连接，



变成一台互联网汽车。它最值得称赞的就是它的无线网络连接，通过无线连接可以进行无人驾驶导航，保证操控与安全性，并提供最新最顶级的高清3D视频娱乐系统。这样一辆联网的汽车也将变成新的办公室。如果你不是在你的专属空间里进行驾驶，你也可以在车里工作或者娱乐。我预计到2025年时，这种高端的无人驾驶汽车的网络带宽将会超过到你家里的网络带宽。

当汽车变得更加数字化时，它们将会如我们交换数字媒体一样以一种社交化的方式被交换、共享和使用。我们在家居用品的和办公用品中嵌入越多的智能和智慧系统，就会越发将其作为社会财产对待。我们将在某些方面分享它们（可能是它们的组成成分、它们的使用位置、它们所看到的東西），则意味着我们在分享它们的时候会思考自身。

当亚马逊公司的创始人杰夫·贝索斯（Jeff Bezos）在2007年第一次介绍Kindle电子书阅读器时，声称Kindle并不是一件产品，而是使用阅读材料的一种服务方式。在亚马逊公司将其存有约100万本电子书的图书馆开放为“全部可阅读”的订阅服务时，这一转变变得更加显而易见。书迷们无需再购买单本实体图书，而只需要买入一个Kindle后，再购买大量已经出版图书的使用权即可。（Kindle里电子书的价格已经在逐渐下降，并且向近乎免费的方向发展。）产品会鼓励所有权，但服务并不主张所有权，因为伴随所有权的排他性、控制性和责任类特权在服务时是没有的。

这种从“拥有你所购买的”到“使用你所订阅的”的转变推翻了一些传统。所有权是随意的、不稳定的。如果有更好的东西出现，那就抓住新的丢掉旧的。而另一方面，订阅则提供了一个有关更新、发布和版本的永不停歇的服务流程，促使生产者和消费者之间保持永久的联系。服务并不是一次性的事件，而是一种不间断的关系。当一个消费者选择使用服务而非购买一个产品时，他或她会对其有更为强烈的认



同。你经常会被困在一个订阅服务里而难以跳出来（想想你的电话运营商或者电缆供应商）。你使用一个服务的时间越长，他们对你就越了解；而他们对你越了解，想要离开他们并重新选择服务商就越困难。这简直就像是与其结婚了。对于这种忠诚的关系，生产商自然是满怀期待的，但是消费者也能从这持续的关系中获取一些收益：不间断的质量保证，持续的性能提升，以及细致的个性化定制——前提是服务本身是良好的。

使用模式将消费者与生产者的距离拉得更近，实际上，消费者通常也会扮演生产者，或者正如未来学家阿尔文·托夫勒（Alvin Toffler）在1980年创造的新词“产消者”所意指的，生产者和消费者的结合。如果不再拥有软件，你只是使用软件，那你就可以与其共同进步，但这也意味着你已经被这个软件公司“招募”了。作为新的产消费者，你会被鼓舞去发现漏洞并报告给公司（省去一家公司中开销巨大的质量保证部门），到论坛里的其他消费者那里寻求技术帮助（省去一家公司中开销巨大的服务后台），还要去开发你自己的扩展插件和改进（省去一家公司开销巨大的研发团队）。使用模式令我们与服务的各个环节的沟通加强了。

第一个转变成“服务化”的独立产品是软件。今天，软件即服务（software as service, SAS）而非产品的理念，已经变成几乎所有软件的默认模式。作为软件即服务的一个例子，Adobe不再将其Photoshop等相关设计工具作为独立的产品销售，无论是老版本还是7.0版本，又或者是其他什么版本。取而代之的是，你可以订阅Photoshop、InDesign、Premier或者Adobe一整套的软件服务，以及后续一系列的更新。在你注册成为软件用户后，只要按月支付订阅服务费用，你的电脑就可以始终运行最新版本。这一新的模式使得消费者可以根据自己的需要重新定位软件的使用，有选择地长期使用某些功能。

电视、手机和软件以服务形式发展产业还只是开始。在最近几年，我们将旅店做成了服务（Airbnb公司），将工具做成了服务（Techshop公司 [4]），将衣服也做成了服务（Stitch Fix公司，Bombfell公司 [5]）。在前方不远还有数百家新兴创业公司，它们在尝试如何将食物做成服务（Food as Service, FAS）。每个公司都用其自己的方式来给你一份食物订阅服务，而非购买。举个例子，在一个项目计划里，你可能不需要购买具体的食物制品，但是可以选择需要或想要的食物元素——比如说特定的蛋白质、营养、风味等。

还有其他可能的新兴服务领域，如：

玩具服务

衣服服务

家具服务

健康服务收容服务

度假服务

学校服务

当然，在所有这些服务里你仍然是需要付费的，不同之处在于服务鼓励消费者和供应商之间建立更为深层的联系，而且也确实需要这种联系。

## **按需使用的即时性（Real Time On-Demand）**

使用性也意味着在使用新事物时要做到近乎即时的传递。除非这个东西是即时实现的，否则就不必考虑。就出租车的方便性而言，它们经常不能做到足够即时的服务。即使电话预约过，你也经常需要为

了等一辆出租车而花费很长时间。并且最后的支付手续也比较麻烦。哦，还有就是它们应该更便宜点。

优步作为按需、即时的出租车服务公司，已经打破了运输业的传统。当你预约一辆车时，你无需告诉优步你在哪里，你的手机自然会去做这些。你也无需去处理最后付款的事情，你的手机同样会去做这些。优步利用司机的手机来准确定位车辆的位置，精确到英寸，所以优步可以将离你最近的司机匹配给你。你可以追踪他们的到达进程，精确到分钟。任何一个想挣点钱的人都可以开车，所以优步的司机要比出租车司机多。而且这使得其价格普遍更为便宜（在正常使用状态下），如果你愿意共享搭车的话，优步还会匹配在同一时间段内目的地几乎一致的两三名乘客来分摊费用。这种多个优步用户共享的搭车费用可能只有普通出租车费用的四分之一。依靠优步（或者是它的竞争对手Lyft），出行已经是个无需再动脑筋的事情了。

当优步广为人知的时候，类似的这种按需“使用”模式正在一个接一个地冲击着数十个其他行业。过去几年里，风险投资家已经被众多寻求资金的创业者所吸引，投入到“X领域的优步”，这里的X代表任何一个还需消费者等待的行业。涉及的领域有有：三家不同的鲜花服务优步，三家洗衣服服务的优步，两家除草服务的优步，一家提供技术支持服务的优步（Geekatoo），一家提供医生出诊服务的优步，三家提供合法大麻快递的优步（Eaze, Canary, Meadow），以及类似的一百多家企业。对于消费者而言，这意味着你无需等待修草匠、一台洗衣机，也无需去采花，因为会有人为你做这些事情——等候你的指令，在你需要时随时提供服务，而且有着你难以拒绝的实惠价格。这些类似优步的公司能提供这些服务是因为相比拥有坐满员工的办公大楼，他们拥有软件。所有这些工作都是外包出去的，由随时准备工作的自由职业者（产销者）来执行。“X领域的优步”的核心业务是将分散在各处的工作需求和人员进行协调匹配，并使其即时开展。亚马逊公司甚至也已经开展类似的匹配业务，将提供服务的人与那些需要家政服

务的人匹配（亚马逊家政服务，**Amazon Home Services**），涉及的工作包括打扫卫生、组装设备，甚至放羊。

大量资金涌入服务领域的一个原因是，一项服务的开展形式要远多于一件产品。将运输业重新升级为一项服务的方式多到数不清，优步仅仅是其中的一种变式。已经有数十种已经存在的形式，但还有更多可能的创新。创业者们通常采用的方式是将运输业（或者任一个行业）的利益分散到每一个组成的商品中，然后以新的方式进行整合。

以运输业为例，你如何从A点到B点？在今天，你有8种方式来与车辆进行结合：

- 1) 买一辆车，自己开车去。（当今社会的默认方式）
- 2) 雇佣一个公司载你到目的地。（出租车）
- 3) 租借一辆公司所有的车子，自己开车过去。（**Hertz**租车公司）
- 4) 雇佣一个人开车送你到目的地。（优步公司）
- 5) 从他人那里租辆车，自己开车过去。（**Ride Relay**公司）
- 6) 雇佣一个公司，将你与同行的人按照固定线路送过去。（公共汽车）
- 7) 雇佣一个人，将你与搭车的旅客送往目的地。（**Lyft Line**公司）
- 8) 雇佣一个人，将你与搭车的旅客送往固定的目的地。（**BlaBlaCar**公司）

在这些变式上又可以有其他的变式。**Shuddle**公司提供服务来捎带其他人，比如上学的儿童，有人将其称为儿童领域的优步。**SideCar**公司与优步类似，只是它采用了反向竞价运作。你设置你愿意花费的费用，让司机用投标的方式来竞价决定谁来搭载你。还有数十家新兴公司（比如**Sherpa Share**公司）旨在服务司机而非乘客，帮助司机管理多个系统，并且优化他们的行驶路线。

这些创业公司尝试以新奇的方式开拓低效领域。他们可以在一秒之内，就将那些恰好临时闲置的资产（比如无人居住的卧室、停泊的汽车、闲置的办公空间）与等着急用的人们匹配起来。雇佣由分散在各地的自由职业者构成的网络作为服务提供者，他们几乎可以做到瞬间完成任务。设想将这种实验性的商业模式应用到其他领域：快递行业里，可以让组成网络的自由职业者送包裹上门（联邦快递领域的优步）；设计行业里，可以让一群设计师提供设计，而只对获胜者支付费用（**CrowdSpring**公司）；医疗行业里，可以共享胰岛素泵；房地产行业里，可以将你的车库出租为库房，也可以将房间租给初创公司当办公室（**WeWork**公司）。

尽管这些想法会继续兴旺发展下去，但绝大多数这种公司都无法成功。由于初创费用较低，去中心化的生意是很容易开办起来的。因为如果这些创新公司的商业模式被证明是有效的，那么较成熟的公司就会准备效仿。像**Hertz**这样的汽车租赁公司没有理由不去租汽车给自由职业者，出租车公司也没有理由不去做些与优步相似的业务。但无论怎样，重新整合的利益会继续蓬勃发展和壮大。

我们对于即时使用的欲望是难以满足的。这种即时性需要精确匹配与深层合作，这在几年前是难以想象的。现在，大多数人的口袋里都装有一台超级电脑，全新的经济力量正在释放。如果进行巧妙的结合，一群业务爱好者就能做得和单独一位专业人士的平均水平一样好。如果进行巧妙的结合，现有产品的利益就可以得到松绑，并以未

曾预期和令人满意的方式重新组合。如果进行巧妙的结合，产品就能够融入可以被持续使用的服务中。如果进行巧妙的结合，共享就将是默认的选择。

共享与租赁并没有太大的不同。在租赁关系中，租借者可以享有所有权的部分权益，而无需承担昂贵的资产购置费用或维护费用。当然，租借者也有些不利的方面，因为他们不能获取传统所有权的全部权益，比如修改权、长期使用权或者资产升值。租赁业的出现并不比财产概念的出现晚多久，在当今社会你几乎可以租赁任何东西。拿女性的手提包来讲，名牌手提包的售价可能是500美元或者更多。由于手提包往往还要搭配着全身装扮或者当季的流行时尚，所有选购一个时髦的提包将是短时间内的一大笔支出。因此，规模可观的提包租赁业便出现了。租金的起步价格大概是每周50美元，根据需求不同会有所调整。正如我们所预期的，App和匹配服务使得租赁变得更加顺畅，也更加省时省力。租赁业之所以繁荣，是因为很多情况下，使用比拥有是更好的选择。你可以根据穿衣风格来更换手提包，还掉之后也不用找地方来存放。对于短期使用来讲，分享所有权真是明智之举。而就我们即将迎来的世界，短期使用将成为常态。由于越来越多的的事物被发明和制造出来，而每天能够享受它们的时间总量不变，所以我们在每件事物上花费的时间会越来越少。换句话说，我们现代生活的长远发展趋势就是大多数物品和服务只做短期使用。因此，大多数物品和服务都在准备着被用来租赁和共享。

传统租赁业的下滑源于实体商品的“竞争”本质。竞争意味着零和博弈，只有一个竞争者能够胜出。如果我租给你一艘船，其他人就不能再租。如果我租给你一个手提包，也无法再将它租给其他人。为了保证实体商品租赁业务的增长，出借方不得不购买更多的船只或者手提包。但是当然，无形的商品和服务可不会以这种方式运作。此时，租赁是“非竞争性的”，这意味着你可以将同一部电影租给任何想在这一时刻观看的人。无形产品的共享范围正在迅速壮大。这种将产品共

享给很多人而不减少每个租赁个体满意度的能力是极具改革性的，它将使用该产品的总费用急剧降低（由百万人承担而非一个人）。突然之间，消费者所有权不再那么重要了。既然可以通过租用、租借、许可和共享来即时达到同样的效果，为什么还要去拥有呢？

不论好坏，我们的生活正在加速，而足够唯一足够快的速度就是“立刻”。电子运动的速度将会是未来的速度。虽然从这种速度中脱离出来的休闲度假仍是一种选择，但平均来看，通信技术依然倾向于将每一个事物都导向按需即时使用。而按需即时性，则会更加偏向使用权，而非所有权。

## 去中心化（Decentralization）

现在，我们正处在长达100年的伟大的去中心化进程的中点。在各种机构正在进行大量的去中心化工作时，将这些机构与进程粘起来的则是便宜且无处不在的通信技术。当事物广泛传播到互联网时，如果没有能力让它们保持连接，工作着的集体就会分崩离析，并且带来些许倒退。更准确的说，是长距离即时通信的技术手段促成了这个去中心化的时代。也就是说，当我们用跨越沙漠、穿越海底的电缆无休无止地在地球上缠绕时，去中心化趋势就成为必然。

从中心化的组织向更为扁平化的互联网世界转变的后果是，每一个事物——无论是有形的还是无形的，都必须更快地流动起来，以保证整体在一起移动。流动是难以拥有的，所有权似乎正从你指缝间流失。液态联系掌管着去中心化组织，对于它们来讲，“使用”则是更加合适的应对方式。

现代文明的几乎每个方面都已经开始变得扁平化，除了其中一个方面——货币。货币制造是留给中央政府来最后负责的工作之一，大多数政党也认为这是理所应当的。人们需要中央银行来进行对抗假币和骗子的常年战争。总要有人来管理货币的发行量，追踪钱币序列

号，保证货币价值的可信性。一个稳健的货币体系需要准确、协调、安全、执行，以及一个机构来对以上所有事情负责。因此，每一种货币背后都有一家时刻警惕的中央银行。

但如果你也能将货币去中心化呢？如果你创建了一种分布式的货币，它安全、准确，并且无需中央就可确保其价值，又会怎样？如果货币都可以去中心化，那么任何事物也都可以去中心化了。但即使你能这样做，又为什么这样做呢？

如果事实证明你可以将货币去中心化，那么实现它的技术也可以作为其他中心化组织去中心化的工具。关于现代生活中最中心化的那些方面是如何去中心化的故事，为很多其他无关行业提供着经验教训。

故事是这样开始的：我可以直接付给你现金，而中央银行对于这笔交易则无从知晓。但当经济变得全球化时，实体钱币的转移就不太实用了。**Paypal**和其他点对点（**P2P**）支付系统能够在全球经济一体化的基础上建立起跨越广大空间的连接，但每个点对点支付都必须经过一个中央数据库来确保1美元不会被支付两次或者出现作假的情况。移动电话与互联网公司贫穷地区设计出了基于**M-Pesa**这样的手机App的、非常有用的支付框架。但直到最近，即使是最先进的电子货币系统仍然需要一个中央银行来保证货币交易的诚实性。6年前，一帮声名狼藉之徒想利用现金的匿名性在网上贩卖毒品，于是便想找到一种没有政府插手的货币。而一些拥护人权的可敬人士也在苦苦寻找一种货币系统，使其可以在那些腐败或镇压民众的政府之外，以及那些压根不存在政府的地方发生效力。最终，他们共同想出来的这种货币就是比特币。

比特币是一种完全去中心化、分布式的货币，它无需任何一家中央银行来为其准确性、强制性与调节性负责。自2009年被投入使用，流通中的比特币已达30亿，并且有10万商家已接受其作为支付货币。



也许比特币最负盛名的就是其匿名性以及它所激发的黑市交易。在此，请先抛去匿名性这一点——它总是让人们分心。比特币最重要的创新是它的“区块链”[\[6\]](#)——使其变得强大的数学化技术。作为一个革命性的发明，区块链能够让金钱之外的很多系统都实现去中心化。

当我通过信用卡或者PayPal账户转给你1美元时，需要一家中央银行来核查这笔交易；至少，它必须确认我有1美元可以给你。当我发给你1比特币时，则不存在一个中央式中介牵涉其中。我们的交易会被记录在一个公共帐簿里（即一个区块链），而这个帐簿会分发给全世界其他所有的比特币持有者。这一共享数据库记录着所有现存比特币的交易历史以及持有者。这可是相当疯狂的，就好像每个人都拥有着所有美元的完整交易历史！这一比特币分布式数据库会以每小时6次的速度更新，以记录比特币产生的所有新交易；在你我的新交易达成前，它必须被大量的其他比特币持有者进行数学化验证。通过这种方式，一个区块链便借用点对点系统建立起了货币信任。正如比特币的支持者们所说，使用比特币时，你对政府的信任便转而被对数学的信任所取代。

一些初创公司和风险投资人正梦想着将区块链技术应用到其他领域，比如将这种去中心化的账户系统用于管理不动产三方契约和抵押合同。相比支付一大笔钱给传统的产权公司来核实房屋买卖类的复杂交易，点对点的区块链系统可以在取得相同结果的同时收取更少的费用，甚至是免费的。一些区块链的狂热爱好者建议创建只使用自动区块链技术的综合代理端，来执行一系列要求信任与核实的复杂交易（例如进出口贸易）。无论比特币本身是否成功，它的区块链创新都会促进点对点信任系统的发展，而这将进一步推动众多机构与行业的去中心化。

区块链的一个重要方面还在于它是一种民众公有（public commons）。没有一个人真正拥有它，因为每个人都拥有它。作为一

个变得数字化的发明，它也在倾向于变得共享；在它变得共享的同时，它也在变得无主化（ownerless）。当每一个人都“拥有”它时，也就没有人拥有它。实际上，这就是我们通常所指的公有财产或民众公有。我使用道路，但我并不拥有它。我可以随时驶入全世界99%的道路和高速公路（当然也有些例外），因为它们是民众公有。我们通过向当地政府缴纳税费来获取道路的使用权。就我能想到的所有的目的而言，全世界的道路都在为我服务，就好像我拥有它们一样——甚至比我拥有它们还要好，因为我无需负责维护工作。大多数公共基础设施都带给我们这种“胜过拥有”的利益。

去中心化的网络/因特网就是现在的中心化的民众公有。网络的好处在于，它服务于我就像我拥有它一样，而我只需做很少的事情来维护它。我划下手指，就可以随时召唤它。我享受着它令人惊奇的工作能力所带来的全部益处——像天才一样回答问题，像巫师一样到处航行，像行家一样来自娱自乐——而无需承担所有权的负担，只要使用它就够了。（我需要纳税来获得网络的使用权。）我们的社会愈发去中心化，使用性就会愈发重要。

## 平台协同（Platform Synergy）

长期以来，有两种基本方式来组织人们进行工作，即企业 and 市场。企业（比如一家公司）有着确定的边界，员工需要经过认证许可才能开展工作，并且它使得人们通过协同合作来提升工作效率，这要比他们在公司外各自工作更加高效。市场则有着更具渗透性的边界，无需许可即能参与，而且能够利用“看不见的手”来分配资源，以实现最高的效率。最近，第三种组织工作的形式出现了，即平台。

平台是由一个企业创建的基地，使得其他企业可以在其基础上创建产品和服务。它既不是市场也不是企业，而是某种新的事物。一个

平台就像是一个百货公司，出售并非由它创造的商品。第一批被广泛使用的成功平台之一就是微软公司的操作系统（**Operating System, OS**）。任何有雄心的人都可以创建并销售能够在微软拥有的**OS**平台上运行的软件。很多人都这样做了。其中有一些，例如电子制表软件**Lotus123**，发展得极为迅速，并且本身就成为了微平台（**mini-platform**），孕育出众多插件和其他基于其产品的第三方衍生品。不同水平的高度彼此依赖的产品和服务，便组合成了一个基于平台的“生态系统”。生态系统是一个相当恰当的比喻，因为平台就像一个雨林，一个物种（产品）的成功是建立在其他共存物种的基础之上的。正是平台的这种深度生态的互相依赖性，会打压所有权，而扶持使用权。

不久，第二代平台吸收了更多的市场属性，所以它有点像市场与企业的结合。这种平台的优秀者之一就是**iPhone**上的**iTunes**。苹果公司拥有这个平台，而这个平台同时也是一个针对手机**App**的市场。供应商可以在**iTunes**上设立虚拟货架来销售自己的**App**。而苹果公司则负责调节这个市场，会淘汰一些垃圾的、占用资源的或者是无效的应用程序。苹果公司设定规则和协议，并且监管经济往来。你可以说苹果公司的新产品就是这个市场自身。基于手机的内置设备资源，**iTunes**形成了一个完整的**App**生态系统，并且还在不断壮大。随着苹果公司不断地添加能让人们与手机互动的创新方式——包括相机、**GPS**、加速器等新的传感器，数以千计的各类创新都在深化**iPhone**的生态环境。

第三代平台进一步拓展了市场的力量。不像传统的双边市场——比如促成买家和卖家的农贸市场，这种平台生态系统已经成为多边市场。一个不错的例子就是脸谱网。这家公司创造了一些规则和协议来形成市场，在这个市场里独立的卖家（大学生）生产他们自己的个人信息，而这些信息在市场上会与他们的朋友进行匹配。在这个市场里，学生们的注意力被卖给了广告商，游戏公司对学生进行销售，第三方**App**对广告商进行销售，并且还对其他第三方**App**进行销售。它们不停歇地以多种方式匹配着。这种由互相依赖的产品所构成的生态

系统在继续保持扩张，而且只要脸谱网能够作为企业管理市场规则和自身发展，它还将继续壮大。

在今天，最富有的以及最具破坏性的组织机构几乎都是多边平台，比如苹果、微软、谷歌、脸谱等公司。所有这些企业巨头都借用第三方供应商来增加其平台的价值，并且普遍开放API（应用程序编辑接口）的使用来促进和鼓励他人参与进来。像优步、阿里巴巴、Airbnb、PayPal、Square、微信、安卓都是新兴的已获得广泛成功的多边市场，它们各自由一家公司运作，促进生成由衍生但相互依赖的产品和服务构成的强劲的生态系统。

生态系统受到共同进化原则的支配——类似于生物学上的相互依赖共生（co-dependence），是竞争与合作的混合物。在一个真实的生态环境里，提供支持的供应者们可能会在某一方面合作，又在其他方面彼此竞争。例如，亚马逊网站既会帮助出版商在其平台销售全新的图书，也会通过它的二手书店生态系统来销售更为便宜的旧版本图书。旧书供应商既要互相竞争，也要与出版商进行竞争。平台的工作就是确保无论供应商之间是合作还是竞争，平台自身要盈利，并且还要升值！就这点来说，亚马逊网站做得很好。

在一个平台的几乎各个水平上，共享都是默认设置——即使这也正是竞争的规则。你的成功取决于他人的成功。在一个平台里，继续持有所有权的想法将会变得问题多多，因为它还停留在“私有财产”的观念里。但无论是“私有”还是“财产”，在一个生态系统里都没有太多意义了。随着被分享的事物越来越多，越来越少的事物会被当作财产看待。在平台上，同时滋养出更少的隐私（持续分享私人生活）和更多的剽窃（对知识产权的漠视），可并非简单的巧合。

然而，从所有权到使用权的转变是有代价的。你所拥有的所有权使你有权——也有能力——修改或控制你对于所有物的使用。而这种修改的权利在今天流行的一些数字平台上正在快速消失。它们的标

准服务条款禁止了这一点。相较于买到某些，只是暂时使用它们会受到一些法律层面的限制。（坦白说，修改的能力在传统的购买行为中也被压缩了——想想那些愚蠢的打开包装就默认许可其服务条款的协议。）但是修改和控制的权利与能力现在可以借用“开源”的平台和工具实现，比如Linux OS或者流行的Arduino硬件平台，而这也是它们拥有巨大吸引力的部分原因。针对共享的事物进行提升、个性化或优化调整的能力和权利，将是下一代平台需要解决的关键问题。

减物质化、去中心化和大量的沟通会共同催生出更多的平台。平台是提供服务的工厂，而服务则偏爱使用权胜于所有权。

## 云端（Clouds）

现在你所接触到的电影、音乐、图书和游戏都保存在云端上。一个云端就是一块由几百万台计算机组织成的“殖民地”，这些电脑无缝隙地对接在一起，使其行动起来就像一台超级大电脑。今天你在网络上、手机上做的大多数事情都是借助云计算完成的。虽然我们看不见，但是云端运作着我们的数字生活。

由于云端的核心是动态分布的，所以一个云端要比一台传统的超级电脑更为强大。这意味着它的记忆和工作是以大量后备存储的方式分布在众多芯片里的。比如你在线观看一部很长的电影，突然一个小行星撞毁了构成云端的机器的三分之一，但你可能不会察觉到任何中断。这是因为电影文件并不存储在任何一个特定的机器里，而是以后备的方式储存在大量的处理器里，这一方式使得云端可以在任何一个单元关联失败时重新定位到自身的其他单元。这个过程非常像有机体的自行愈合。

网页是众多超链接的文件，云端则是超链接的数据。根本上讲，将东西放置在云端上的首要目的是深度共享数据。相比于独自发挥作用，交织在一起的比特会变得更聪明也更强大。云端还没有一个独立固定的架构，因而各种云端的属性仍在快速地进化中。但总体来看，它们是巨大的，以至于一个云端的基础存储量可以达到多个装满电脑的、足球场大小的库房中的信息总量，而这些库房则分布在相隔几千英里的诸多城市里。云端也具有弹性，这意味着可以通过在其网络中添加或减少与其连接的电脑数量，来即时地扩大或缩小云端。并且由于它们固有的备用与分布的特性，云端是现存机器中可靠性最高的。它们可以表现出著名的5个9的（99.999%）的近乎完美的服务。

云端的一个核心优势在于，它变得越大，我们的设备就变得越小巧、越轻薄。云端负责所有的工作，而我们手里的设备只是提供对接云端工作的一个窗口。当我盯着手机屏幕看一个视频直播时，我正在看的是云端里的东西。当我在平板电脑上浏览书签网页时，我是在云端里冲浪。当我的智能手表界面因一条信息亮起来的时候，它其实是来自云端。当我翻开我的云笔记本电脑时，所有我进行的工作实际上都在另一个地方，即一个云端里。

我的东西到底在哪里，以及它是否真的是“我的”，这些问题的模糊性可以通过谷歌上的一个文本文档的例子来说明。我通常会用Google Drive这个App来写一份市场报告，“我的”这个词汇可能出现在我的笔记本电脑或手机上，但其本质则存在于谷歌的云端里，分散在一些遥远的机器上。我之所以使用Google Drive，一个关键原因是它的易于合作性。十几个或更多的协作者可以在他们的平板电脑上看到这个词汇，并且对其加工——编辑、添加、删除、修改——就好像这个词汇是“他们”的词汇一样。在任何一个副本上的改动都将同时——即时的——出现在所有其他电脑上，无论在哪里皆是如此。这一分布式的云端能够存在，真是一个奇迹。这一词汇的每个实例都不仅仅是个单纯的复制，因为复制意味着毫无活力的繁殖。实际上，对于每

个人而言，他们电脑上分配到的副本就是原件！这十几个副本中的每一个都与我电脑里的那个一样真实——真实性是分布存在的。这种集体性的互动与分布式存在，使得这个词汇感觉起来更加不像是我的，而是“我们的”。

由于生活在云端里，谷歌将来便可以轻易地将基于云计算的人工智能应用到我们的文字中。除了自动检查拼写问题和关键语法，Google可能也会对语句中的事实陈述进行核查，使用的则是他们称之为“知识型信任”（Knowledge-based Trust, KBT）的新型事实检验员。它可以将超链接加到适当的词汇上，也可以（在我的准许下）添加一些智能的附件以显著增强该词汇，而这将更加侵蚀我对事物所有权的感觉。为了完全利用人工智能和其他基于云端的技术力量，我们的工作与娱乐将愈发远离个体所有权的孤岛，而转向云端中的共享世界。

我已经开始通过云端“谷歌”答案，而非尝试去记住一个URL地址或者某个较难拼写的词汇。如果我再次“谷歌”自己的电子邮件（存在一个云端里）来找出自己说过什么、做过什么，又或者说我的记忆依赖云端，那么我的“我”终止于何处，云端又从何处开启？如果我生活的所有影像，我感兴趣的所有信息，我的所有记录，我与朋友的所有聊天，我的所有选择，我的所有建议，我的所有想法，以及我的所有愿望——如果这些都存在于某个地方，却又不是一个特定的地方，它就会改变我对自己的看法。相比以前，我更大了，也更薄了；我的反应更快了，却也常常更加肤浅。我思考起问题来，更像是一个云端：没有什么边界，开放地应对改变，并且充满矛盾。“我”包含了大量不同的东西！借助机器智能和人工智能，所有的这些混合体将进一步发展。我将不仅仅是“我+”（Me Plus），还是“我们+”（We Plus）。

但是如果从这样的世界中抽离会发生什么？一个十分分散的我将会消失。我的一个朋友因为他那十几岁的女儿犯了严重的错误，就将她关在家里，并且没收了她的手机。当她开始出现身体不适、呕吐的

时候，父母吓坏了，那情形就像是她被做了截肢手术。从某种意义上讲，她确实有类似的感受。如果一个云端公司限制或监控我们的行为，我们就会感到痛苦。与云端构建的令人舒适且全新的自我进行分离，将是可怕的、难以忍受的。如果麦克卢汉关于工具是我们自身的延伸这个观点是正确的——比如车轮是腿的延伸，相机是眼睛的延伸，那么云端就是我们灵魂的延伸。又或者你更加喜欢这种说法——它是我们的自我（self）的延伸。从某种意义上讲，它并不是我们拥有的自我的延伸，而是我们所使用的自我的延伸。

目前为止，云端主要是商业化的。有甲骨文公司的云端（Oracle Cloud）、IBM的智慧云（Smart Cloud）、亚马逊的弹性计算云（Elastic Compute Cloud）。谷歌和脸谱网则在其内部运行世界上最大的云端。我们不断地连接云端，是因为它们比我们自身更可靠，并且它们确实比其他设备更让人信赖。我那个非常稳定的苹果电脑每个月还会死机或需要重启，但是谷歌云平台在2014年只有14分钟的断线时间。相比其服务的巨大信息量，可以说是无足轻重的断档。云端就是备份，我们生活的备份。

今天，所有商业和社会的大多数活动都在电脑上运行。云端给我们提供了令人惊异的可靠性计算、极快的速度以及不断拓展的深度，而使用者却无需承担任何维护的负担。任何一个拥有电脑的人都知道那种麻烦：它们占空间，需要持续的专业照料，而且很快就会过时淘汰。谁想拥有他们自己的电脑？这个问题的答案越来越多地变成：“没有人愿意”。就像从电网买电一样，你并不会想拥有自己的发电站。云端使得机构组织可以获取使用电脑的便利，而无需承担拥有它们的麻烦。以优惠价格出售的可扩展的云计算服务使得创建一家新科技公司容易了100倍。创业者无需再构建自己公司的复杂的计算架构，而可以直接订阅一个云端的架构。用行业术语来说，这叫作“基础设施即服务”（Infrastructure as a Service, IaaS）。作为服务的计算机取代了作为产品的计算机，使用权取代了所有权。通过在云端操作，以优惠的



价格获得最好的基础设施的使用权，这是过去十年里硅谷诞生出众多创新公司的一个主要原因。由于它们增长很快，所以也获得了更多对它们并不拥之物的使用权。云端公司鼓励这种增长和依赖，因为人们越多地使用云端，越多地共享服务，它们的服务就会变得更加智能和强大。

一家公司的云端能发展到多大是有一定实际限制的，所以在未来的几十年里，云端崛起的下一步就是将不同的云端结合成一个“互联云”（intercloud）。如同互联网是网络的网络，互联云则是云端的云端。虽然进程缓慢，但可以明确的是，亚马逊的云端、谷歌的云端、脸谱网的云端以及所有其他企业的云端将会交织成一个巨大的云端——大云端（The Cloud），而且对于每个使用者或公司而言，这个大云端运行起来就是一个独立的云端。对抗这一融合过程的阻力之一，就是互联云需要各个商业云端共享它们的数据（一个云端就是一个连接数据的网络），而现在人们倾向于把数据当作黄金一样地储备。数据储备被视作一种竞争优势，而免费共享数据则被法律所阻止，所以在企业学会如何创造性地、富有成效地、负责任地共享数据之前，还有很多年（也许是几十年？）的路程要走。

在迈向去中心化的使用权这一无情的进程中，还有最后一步要走。在我们移向互联云的同时，我们也是在移向一个完全去中心化的、点对点的社会。当亚马逊、脸谱网和谷歌的巨大云端在分布运行时，它们自身并非是去中心化的。这些机器是由众多公司在运作，而非由你们这些潮流人士控制的潮流计算机网络来运作。但也有一些方法能够使云端在去中心化的硬件上运行。我们知道一个去中心化的云端可以发挥作用，是因为有一个事例证明了这一点，那就是2014年发生在中国香港的学生抗议活动。为了逃避中国政府在香港市民通信上施加的监视，香港学生想出了一种传递信息的方式，这一方式无需把信息传到一个手机信号塔，也不用通过微博、微信或电子邮箱的企业服务器。取而代之的是，他们在各自手机上安装了一个叫作FireChat

的App。两部装有FireChat的手机可以通过wifi广播进行直接的联系，而无需将信息上传至一个手机信号基站。更重要的是，两个手机中的任何一个都可以将这个信息传给第三个装有FireChat的手机。继续增加装有FireChat的手机，你就可以得到一个所有手机完全连接的网络。若某部手机并非信息接收者，它便会作为一个中继站，将信息传至目标接收者那里。这一紧密联系的点对点网络（被称作无线网格网络）并不高效，却能够发挥作用。这种不太灵活的传播方式正是因特网在某一层面上的运行方式，也是因特网之所以如此强劲的原因。成功组建出FireChat构成的无线网格网络，意味着学生们创立了一个无人拥有的广播云端（因此它才难以被监控）。通过完全依靠其自身设备构成的无线网格网络，他们运行了一个避开中国政府监管的通信系统，时间长达几个月。同样的组建形式可以再一步扩大化，从而运行于各种云端。

对于构建这种去中心化的通信系统，也有一些其他的非革命性的理由。当大范围的紧急事件造成电力系统中断时，一个点对点的手机网络便可能是唯一能够发挥作用的网络。若每个人的手机都可以通过太阳能充电，这便是一个无需电网支持的通信系统。一个手机的范围是有限的，但你可以将小小的手机作为“中继器”放在屋顶上——同时可以通过太阳能充电，这个中继器就可以复制信息并向更远距离的一个手机传递。它们就像是迷你信号基站，但并不为一个公司所控制。一个屋顶中继器和数百万手机构成的无线网格网络将会创建一个无人掌控的网络。现在，已经有不只一家初创公司成立以提供这种无线网络服务。

一个无人拥有的网络会令那些管理我们通信设施的合法组织躁动不安。云端并不拥有很多地理位置。谁的法律能够通行？是你住宅地的法律，还是你服务器所在地的法律，亦或是国际组织的法律？如果所有的工作都在云端进行，谁来向你收税？谁拥有数据，是你还是云端？如果你所有的电子邮件和电话都经由云端，对于它透漏的信息谁

来负责？在云端的这种新型亲密关系中，当你有些不完整想法、诡异的白日梦时，它们是否应该与你真正相信的东西区别对待？你是否拥有你自己的思想，或者说你只是使用了它们？所有这些问题不只是出现在云端和无限网格网络，也出现在所有的去中心化系统中。

在未来的30年里，减物质化、去中心化、即时性、平台协同和云端的发展将继续强势发展。只要科技进步使得通信成本、计算成本继续下降，这些趋势都是必然。这是通信网络扩张到全球的每一个角落所带来的结果，而随着网络化的加深，智能逐渐代替了物质。无论这些趋势在何处发展（美国、中国，或者是廷巴克图），这种巨大的转变都是确定无疑的。趋势背后潜在的数学与物理原理将始终不变。当我们推进减物质化、去中心化、即时性、协同平台化和云端等所有这些方面的发展时，使用权将逐步取代所有权。对于日常生活中的大部分事物，对事物的使用将会胜过对其拥有。

但只有在科幻世界里，一个人才会不拥有任何东西。大多数人还是会在使用一些东西的时候拥有另一些东西，其比例则因人而异。然而如果一个人只是使用所有东西而不拥有任何其中的任何一件，这种极端情景则是值得深掘的，因为它揭示出了前方技术发展的明确方向。下面我们来看看这种情景。

我住在一个综合性公寓里。像大多数朋友一样，我选择住在这里，是因为能够获得全天候的即时服务。我房间里的箱子每天都会更新4次，这意味着我将需要更新的东西（比如衣服）放在里面后几个小时，它们就能焕然一新。这个综合性公寓有自己的服务“网点”，每小时各种包裹会从本地处理中心通过无人机、机器人货车和机器人自行车送到这里。我把我想要的东西告诉自己的设备，然后这些东西就会在两个小时内到我的箱子里（无论是在家里还是在工作的地方），通常所需的时间会更短。位于大厅的“网点”还有一个超棒的3D打印间，在那里可以用金属、合成材料、有机组织打印几乎所有东西。这里还

有一个非常好的储藏室，里面放满了各种电器和工具。不久前的某天，我想要个火鸡煎锅，不到一小时，我的盒子里就收到了从网点储藏室发出的一个煎锅。做完火鸡后，我当然无需亲手清理它，而只要把它放回到盒子里去就可以了。有个朋友来访时，突然想修剪下自己的头发。不到30分钟，盒子里便又有了剪发器。我也常常订些露营装备。由于露营装备每年都在快速升级，而我通常只会使用它们几周或者几个周末，所以我更想从我的盒子里获取最先进的、最棒的露营装备。相机和电脑也是一样的道理，由于它们很快就会被淘汰，我更喜欢订些最新最好的设备。如大多数朋友一样，我的绝大部分衣服也是订的。这可是很划算的交易。只要我想，便可以在一年当中的每一天都穿不一样的衣服，然后在每天结束时把穿过的衣服丢到盒子里就行。它们会被清洗并重新分发，而且通常会做些小改动以给人些新鲜感。“网点”里甚至还有许多纪念版T恤，它们可是绝大多数其他地方所没有的。我只拥有几件特殊的智能衬衫，它们内部嵌入芯片以作为标记，使它们可以在清洗并熨烫好后的第二天返回到我这里。

我还订了几条食品线。我可以从附近的一个农民那里获得新鲜的农产品，还有一条食品线是可以送到门口的即食熟食。这个“网点”知道我的日程表、我上下班路上的所在位置以及我的喜好，这样它就可以在送餐时做到准确及时。当我想自己做饭时，“网点”会提供给我所需的任何食材或特殊器皿。我的公寓里有个资源配置中心，所有我需要的食物和可清洁循环使用的器皿都会在它们需要出现在冰箱里或碗柜里的前一天就送到。如果我现金充裕的话，我会租一个更为优质的公寓。但就现在我居住的这个综合性楼群而言还是很划算的，因为在我不在的时候房间也会被租给其他人使用，以节省我的开支。对于这一点我没有什麼意见，因为它会比我离开的时候还要干净整洁。

我从来不曾拥有任何音乐、电影、游戏、图书、艺术或是现实世界中的其他东西。我只是在“环球物料”（Universal Stuff）上订。我房间墙上的艺术图片会一直更新，否则我便会对其习以为常并视若无

物。我使用一个特殊的网络服务，它可以从我在Pinterest [7] 上的收藏夹里提取图片来填充我的墙壁。我的父母订了一个博物馆服务，那样他们就可以通过轮流排位的方式借阅到一些颇具历史的艺术作品，但那不在我的兴趣范围之内。最近一段时间，我在尝试3D雕塑，它们可以每个月都进行重新塑形，使你保持对它们的关注。当我还是个小孩子时，我玩的玩具就来自“环球物料”，它们伴随着我长大。我的母亲曾经这样说：“你只会玩它们几个月，为什么要拥有它们呢？”所以每隔几个月，玩具就会被放进盒子里，然后新的玩具就会出现。

“环球物料”实在是太聪明了，每当我出行时，即使是出行高峰，通常等待的时间也超不过30秒。汽车会及时出现，因为它知道我的行程，而且还能从我的短信、日历和电话中推断我的出行计划。我最近在尝试省钱，所以有时我会与其他去工作的两三个人拼车。车上的网络带宽很是充足，所有搭车的人都可以进行屏读。说到锻炼身体，我订了一些健身房服务和一个自行车服务。我很快就得到了一辆最新款的自行车，它已经被调试和清洗过，就停在我的出发点。进行长途旅行时，我喜欢用那些新型的单人无人驾驶飞机。但由于它们比较新，所以想立即得到它们还比较难，不过现在的商用飞机相也比从前方便多了。只要我去旅行的城市中有类似的综合性公寓可以提供交互服务，我基本不需要收拾什么行李，因为我可以从当地的“网点”那里得到一切与我日常使用的一模一样的东西。

有时，父亲会问我是否曾因不拥有任何东西而感到不踏实、不可靠。我告诉他自己的感觉恰恰相反——我感到自己与原始社会有着深刻的联系。我感觉自己就像一个原始社会中的狩猎者，他穿行于复杂的自然环境中时不会去拥有任何东西，却可以在需要时随时随地地获得一个工具，用完后便将其抛之脑后，继续前行。只有农民才需要一个谷仓来储藏他的财富。数字原住民 [8] 是自由地奔向前方的，他们不会承受拥有事物所带来的负累，可以自由地探索未知的世界。使用

而非拥有事物，使我可以保持敏捷和精力充沛，时刻为即将出现的未知事物做好准备。

---

[1] 美国科技类博客，主要报道新兴互联网公司，评论互联网新产品，是美国互联网产业的风向标。——译者注

[2] AirBed and Breakfast，缩写Airbnb，是一家联系旅游人士和家有空房出租的房主的服务型网站。——译者注

[3] 玛丽·波平斯（Mary Poppins），电影《欢乐满人间》中会魔法的仙女保姆。——译者注

[4] 会员制连锁工具店，缴纳会员费后，会员可以免费使用各种制作工具和设备。——译者注

[5] 均为会员制电商，用户提交身高、体重、肤色、风格等信息后，按月缴纳会费后会定期收到由商家根据用户信息推荐的衣服。——译者注

[6] 区块链（blockchain），是比特币的重要概念，指一串使用密码学方法相关联产生的数据块。每一个数据块都包括过去十分钟内所有比特币网络交易的信息，用于验证该信息的有效性和生成下一个区块。——编者注

[7] 全球最热门的图片社交网站之一。在这个网站上，新的图片会不断加载在页面底端，用户可以随时收藏自己喜欢的图片，其他用户可以关注并转发这些图片。——编者注

[8] 数字原住民（Digital Natives），哈佛大学网络社会研究中心提出的新概念，指80后以及更年轻的新一代人，他们出生时就面对无所不在的网络世界。——译者注

## 第6章

# 共享 Sharing

比尔·盖茨曾经嘲笑过那些免费软件的倡导者，并给这些倡导者冠上一个资本家所能想出的最恶毒的绰号。他说，那些要求软件免费的人们是“当下的共产主义者”，他们是一股致力于摧毁垄断的邪恶势力——而正是对垄断的追求支撑起了美国梦。盖茨的言论有几点错误，其中一点就是，免费开源软件的爱好者更有可能是政治自由主义者，而非共产主义的左倾分子。不过他的指责也并非全错：当一场席卷全球的浪潮将每个个体无时无刻地连接起来时，一种社会主义的改良技术版正在悄然兴起。

数字文化中的公有部分体现在更为深层和广泛的方面。维基百科仅是这一新兴集体主义中一个较为突出的例子。事实上，所有类型的维基都是集体主义的体现。维基是指通过协作而产生的文档集合，任何人都能方便地创建、增删或修改其中的文字内容。各式各样的维基引擎运行在不同的平台和操作系统上。沃德·坎宁安（Ward Cunningham）在1994年首次发明了协作式的网页，如今他追踪记录着将近150个维基引擎，而每个引擎都支持着数量众多的网站。“知识共享”（Creative Commons）这种利于共享的版权许可协议已被人们广泛接受，它鼓励人们准许他人合法地使用和改进自己的图像、文本或音乐，而无需额外许可。换句话说，内容的共享和摘取是新的默认模式。

2015年采用知识共享的实例已达10亿之多。像Tor一样的文件共享网站比比皆是，凡是可以被复制的文件几乎都可以在这些网站上找到。这些网站使得我们向协作互助又迈进了一步，因为你可以利用一

些已经被创造出的东西十分方便地开始你自己的创作。类似Digg、StumbleUpon、Reddit、Pinterest以及Tumblr这样的社交评论网站使得数以亿计的普通人可以到专家和网友资源库那里查找照片、图画、新事物和新创意。然后大家一起对这些材料分级、评判、共享、转发、注解，并将这些材料重组到自己的数据流或资源库里。这些网站就像协同过滤器，将当下最好的内容推荐给读者。几乎每天都会有一家新的创业公司骄傲地宣称他们找到了一个新的管理社区的方式。所有这些发展都预示着我们在稳步迈向一种网络世界所特有的、数字化的“社会主义”。

我们并不是在讨论祖父辈的社会主义政治体系。事实上，这种新的社会主义不同于以往的任何一场运动。它并非阶级斗争，也不是反美主义。恰恰相反，数字社会主义可能正是美国的最新创新。老套的社会主义是政权工具，而数字社会主义则是一种与政权无关的社会主义。这种新型的社会主义运行在文化和经济领域，而非政府层面——至少目前如此。

盖茨曾用以抹黑共享软件（如Linux和Apache）开创者的老套共产主义诞生于一个中心化的信息传播时代。彼时，工业流程过于强调上层管理，地域边界被强行划分。这些自上个世纪之初就存在的制约条件催生了一种集体所有制，试图通过由少数拥有无上权威的专家所精心制定的5年规划来代替一个混乱且无效的自由市场经济。毫不夸张地说，这种类型的政府管理系统已经失败了。工业时代诞生的这种自上而下的社会主义无法保持快速的适应力和持续的创新力，也不具备民主自由市场所能提供的自发动力。社会主义计划经济和中央集权的共产主义政体已成明日黄花。新兴的数字社会主义不同于老式的社会主义，它借助网络通信技术运行在没有边界的互联网上，催生了贯穿全球一体化经济的无形服务。它旨在提升个人的自主性，反对中央集权。它是去中心化的极致表现。



我们聚集在集体空间而非集体农场里；我们通过桌面工厂而非国有工厂与虚拟的合作社相连接；我们共享脚本和应用程序接口而非锄头与铁铲。我们没有高高在上的政治局，但却有未曾谋面的社群领袖，对于社区管理来说，唯一重要的事情就是把事情做成。我们没有举国体制，但却有大众协同机制。我们不实行免费的政府配给和补贴，但却提供免费的商品和服务。

我必须承认，“社会主义”这个词会使很多读者感到不适。它背负着巨大的文化包袱，与之类似的词语也有着同样的处境，譬如“公有的”、“公有制的”和“集体的”。而我之所以用“社会主义”这个词，是因为从技术角度看，它最能恰如其分地指代那些依靠社交互动来发挥其作用的技术。“社会化媒体”（即社交媒体）之所以被称为“社会化的”也是基于同样原因：它是一种社会化活动。宽泛地说，社会化活动是网站和移动应用在处理来自于庞大的消费者（或称为参与者／用户／受众）网络的输入时所产生的。当然，将形形色色的组织都置于这样一个带有煽动性的头衔下还是存在很大风险的。但在共享这一领域里没有什么未被污染的词汇可供使用，所以我们不妨重新定义这组最为直接的词汇：社会的、社会化活动、社会化媒体、社会主义。当众多拥有生产工具的人都朝着一个共同的目标努力，共享他们的产品，不计较劳务报酬，乐于让他人免费享用其成果时，新社会主义的叫法也就不足为奇了。

两类社会主义的相同之处就是共享这个动词。事实上，一些未来学家已经将这种新型社会主义在经济层面的体现命名为共享经济（Sharing Economy），因为在这一层面最基本的通行规则就是共享。

20世纪90年代末期，活动家、布道者、老牌的嬉皮士约翰·佩里·巴洛（John Perry Barlow）曾以略带戏谑的口吻将这一潜在趋势称为“网络共产主义”（dot-communism）。他将网络共产主义定义为“由具有完全自由意志的个体所组成的劳动力”，也是一个去中心化的、没有货币

的物物交易经济体；在那里没有财产所有权的概念，政治体制由技术架构来决定。他关于虚拟货币的观点是正确的，因为推特和脸谱网上发布的内容都是由无需支付报酬的参与者创建的，也就是像你一样的观众。巴洛关于所有权消亡的观点也是正确的，正如前面章节已经说明过的，我们可以看到Netflix和Spotify这样的共享式经济服务正在让用户摆脱占有物品的观念。但是用社会主义这个词来指代正在发生的事情也有其不恰当的一面：它并非一种强调意识形态的“主义”，也不会要求人们对其具备坚定的信念。它更像是一种态度、一类技术、一些工具，可以推进协作、共享、聚合、协调、灵活机构以及其他各种各样新兴的社会合作形式。它是前沿，也是创新的沃土。

媒体理论家克莱·舍基（Clay Shirky）在其2008年出版的《未来是湿的》（*Here Comes Everybody*）一书中提出了一套划分新兴社会组织形式的架构。随着人们协同程度的增加，群体从只需最低程度协同的共享起步，而后进步到合作，再然后是协作，最终则达到集体主义。每一步发展都需要进一步的协同。只要纵览一下我们的在线领土就会发现大量的相关证据。

## 分享

在线公众有着令人难以置信的共享意愿。在脸谱网、Flickr、Instagram以及其他类似网站上贴出的个人照片数量每天都有18亿之多，可以毫不夸张地说，用数码相机拍的绝大多数照片都会以某种方式进行分享。在网络上分享的还有状态更新、位置标注、不成熟的想法。还有就是YouTube上提供的数十亿个视频，同人小说网站上贴出的数百万篇粉丝创作的故事。分享组织的名单几乎是无法穷尽的：比如专门分享评论的Yelp，专门共享地理位置的FourSquare，专门分享图片剪贴的Pinterest。分享的内容几乎无所不包。

分享是数字社会主义中最温和的表现形式，但这样一个动词却是所有高级水平的群体活动的基础。它也是整个网络世界的基本构成成分。

## 合作

当个体们为实现一个更大目标而共同工作时，群体层面的结果就会涌现出来。**Flickr**和**Tumblr**上的爱好者们不仅仅是在共享数十亿张照片，他们还要对照片进行分类、贴标签、加关键词。社区中的其他人则会遴选照片做成合辑和剪贴板。“知识共享”许可的流行也就意味着从某种程度上说你的照片就是我的照片。任何人都可以使用他人上传的照片，就像是公社的成员可以使用公社所有的手推车一样。我不用再拍一张埃菲尔铁塔的照片，因为网络“公社”可以提供一张比我自己拍得更好的。这也意味着，当我要做展示、报告、海报、网站时，我可以做得更好，因为我不是一个人在工作。

数以千计的聚合网站都会采用类似的社交模式以实现三重收益。首先，面向社交的技术可以帮助用户根据自身需要来为他们所找到的东西分门别类、评价和收藏。社区成员可以更方便地管理自己的收藏。例如，**Pinterest**里有着丰富的标签和分类（按钉功能），使得用户可以很快地创建任一类别的剪贴相册，并且超级方便地查找或添加图片。其次，这些标注、按钉、书签也可以使其他用户获益，帮助他们更方便地找到相似的材料。如果一个图片在**Pinterest**上获得越多的按钉，或是在脸谱网上获得越多的点赞，或是在推特上获得越多的话题标签，那么它对别人的帮助就越大。第三，集体行为可以创造一种只有当群体作为一个整体时才会有的附加价值。比如，当大量由不同游客在不同时间从不同角度为埃菲尔铁塔拍摄的照片汇聚在一起时，并且每张照片都有详细的标注，那么就可以将这些照片（借助软件，比

如微软的**Photosynth**）整合出令人惊叹的**3D**全景渲染结构图，而这要远比每个个体的拍摄更为复杂，也更有价值。有意思的是，这一方式已经超出了社会主义者许诺的“各尽所能，按需分配”，因为它做到了“增益付出，超需回报”。

社区共享可以释放出惊人的力量。类似**Reddit**和推特这样的网站允许用户投票或者转发最重要的信息（新闻、网址链接、评论），它们对公众话题的引导堪比甚或超出报纸和电视。有志于此的内容贡献者会继续贡献内容，在某种程度上是因为这些工具有着更广泛的文化影响力。社区的集体影响力已经远远超出了贡献者个人力量之和。这就是社会化机构的全部要义所在——整体优于部分之和。传统社会主义试图通过国家政权来实现这一目标。现在，数字共享则超脱了政府，在国际范围内发挥作用。

## 协作

有组织的协作所能取得的成果要超出临时的合作。只需看看那几百个开源软件项目中的任何一个——比如构成大多数网络服务器和智能手机底层架构的**Linux**操作系统，你就能有所了解。精细调校的公用工具可以让成千上万个成员协同工作，从而产出高质量的产品。相比之前提到的临时合作，针对庞大复杂的项目所展开的协作通常只会给参与者带来间接收益，因为群体中的每个成员只会与最终产品的一小部分打交道。一位热心参与者可能要花几个月来为项目的子程序写代码，而项目的全面应用则是几年之后。事实上，以自由市场观点看，这种劳动报酬是十分不正常的，即工作者做了巨量的、有很高市场价值的工作，却不获得任何报酬。这种协作方式是资本主义所不能理解的。

除去经济学上尚无法解释这种现象外，我们其实已经习惯了免费地享用这些协作成果。今天全球近半数网站所在的服务器（有3500万台之多）都在使用免费的、由社区开发和维护的、开源的Apache软件。一个名为3D Warehouse的免费素材库可提供数百万个复杂的3D模型，任何你能想到的东西——小到靴子，大到桥梁——都能在这里找到。这些模型的创建者和提供者都是非常专业的热心人士。由社区设计、学生和爱好者制造的开源硬件Arduino已将近一百万台，类似方式生产的迷你电脑Raspberry Pi则已接近六百万台。人们被鼓励自由和免费地复制这些产品的设计，并在此基础上开发新的产品。尽管没有金钱回报，但创造这些产品的大众生产者获得了信誉、地位、声望、享受、满足和体验。

当然，这种协作本身并没有什么新鲜之处。但这些新的在线协作工具为公有生产形式提供了支持，使得人们可以摆脱对资本主义投资者的依赖，将成果的所有权保留在生产者（同时也是消费者）手中。

## 集体主义

大多数西方人，包括我自己，都被灌输了这样一种观点——个人权力的扩张必然会削弱国家权力，反之亦然。然而现实中大多数政治组织会将一些资源社会化，将另一些资源个体化。大多数走自由市场道路的国家经济体已经将教育和治安进行了社会化，而即便是当今最社会主义的社会也允许一些私人财产的存在。这两者的混合比例在世界各地都有所不同。

与其将技术社会主义视为自由市场个人主义和中央集权这一对零和博弈的某种妥协，不如将技术共享视为一个新的、能同时提升个人和群体价值的政治操作系统。共享技术其未曾言明但又不言而喻的目

标是同时最大化个体自主性和群体协同力量。因此，数字共享可以视为第三条道路，与老旧传统观点存在着很大的差异。

第三条道路的观点得到了尤查·本科勒（Yochai Benkler）的回应，他是《网络财富》（*The Wealth of Networks*）一书的作者。关于网络政治，他可能比任何人都要思考得多。他说道：“我认为社会化生产和大众生产可以作为以国家为基础的或者以市场为基础的封闭式所有权系统的替代，”他还补充道，“这些活动可以促进创造力、生产力以及自由。”这个新的操作系统既不会像传统的集中计划式共产主义那样不容许私有财产，也不会像自由市场那样充斥着自私自利。”它是一个新的设计体系；在这里去中心化的公众协同可以做到单纯的共产主义或单纯的资本主义所无法做到的，解决问题，创造事物。

将市场机制与非市场机制融合的混合系统也不是什么新鲜事。数十年来，学者们对意大利北部和西班牙巴斯克工业区的去中心的社会化生产方式做了大量研究。在这些地区，企业员工就是企业的所有者，他们自己选择管理层和利润分配方式，独立于国家控制。但只有当低成本的、即时的、无处不在的在线协作出现后，这些理念的核心要点才有可能被移植到广泛的新领域，比如编写企业软件或参考书。

我们的梦想就是将这第三条道路的应用范围扩大，不再停留于局部地区的实验。去中心化的协作究竟能有多大规模？跟踪研究开源产业的黑鸭开源中心（Black Duck Open Hub）表示，有大约65万人在为至少50万个项目工作。这个人数几乎是通用汽车公司职工总数的三倍。尽管他们并非全职为这些项目工作，但这毕竟表明了有大量的人们在无偿工作。设想一下，如果通用公司的全体雇员得不到报酬，他们还能继续生产汽车么！

到目前为止，最大的成就是开源项目。而最大的开源项目，譬如Apache，会涉及到数百个贡献者的管理，其人员规模相当于一个村

落。某项研究估计，**Fedora Linux 9**的工作量相当于**6万人年**。这些案例表明，自组织和共享机制可以管理村落级别的项目。

而参与在线合作的人数则要巨大得多。像**Reddit**这样的协作筛选网站每月有**1.7亿次**独立访问，每天都有**1万个**活跃的在线社群。**YouTube**声称每月有**10亿**活跃用户，以这些用户为主力制作的视频正在与电视台竞争。维基百科则有将近**2500万**注册用户为其贡献内容，其中**13万**用户特别活跃。有至少**3亿**活跃用户在**Instagram**上贴出照片；每月都有超过**7亿个**群组活跃在脸谱网上。

“集体软件农场”的成员数量以及参与共同决策项目的人员数量尚无法与一个国家的人口数量相比。但是社交媒体所覆盖的人员数量是巨大的，并且还在持续增长。脸谱网上有至少**14亿**的公民在免费共享他们在“信息公社”里的生活。如果脸谱网是一个国家的话，那么它将是这个星球上人口最多的国家。而且这个国家的整个经济建立在无需支付报酬的劳动力之上。有**10亿人**每天花费大量时间为它免费创造内容。他们报道发生在他们身边的故事，总结经历，添加评论，创作图片，开玩笑，贴酷图，制作视频。他们的“回报”体现在由**14亿个**相互关联的、真实的个体所产生的沟通和交往中。他们的回报就是被准许继续留在这个公社里。

有人也许会认为这些构建了替代有偿劳动机制的家伙们会包藏着很多政治意图。但设计共享工具的程序员和骇客们并不认为自己是改革者。根据一份针对**2784**位开源开发者的调查，他们无偿工作的最主要动机就是“学习并发展新的技能”。一位学者是这样解释的（大致意思）：“无偿工作的主要原因就是为了改进我自己那糟糕的软件。”太过明显的政治意图基本上都不具实用性。物联网与其说是受经济学支配的产物，莫不如说是由分享意愿驱动的作品。

然而，在新兴的共享、合作、协作以及集体主义浪潮下，公民们无法完全不触及政治。我们从协作中受益越多，就会愈发欢迎政府中

的社会化机制。那种统治朝鲜的压迫性的精神摧残系统已经消亡了（除朝鲜之外）；未来的管理模式将会混合了从维基百科和瑞典民主社会主义模式中获取的经验。会有人竭力阻挡这一趋势，但持续增长的共享是必然的。尽管如此命名未来的模式尚无定论，但共享技术仍来日方长。在共享这把尺子上，如果满刻度是10的话，我们目前的刻度只是2。专家们曾经认为很多话题是当代人绝不会共享的：我们的财务状况，我们的身体问题，我们的性生活，我们内心最强烈的恐惧；但事实证明，只要借助恰当的技术、在恰当的条件下、辅以恰当的收益，我们就会共享一切。

这样一种趋势会把我们与一个非资本主义的、开源的、大众生产的社会拉得有多近？不管什么时候提出这个问题，答案总是：比我们想象的要近得多。回想下Craigslis，你会认为那就是个分类广告网站，对吗？事实上，Craigslis远不止于此。它将身边社区里信息公告板的影响范围扩大到地区，并用图片改进了广告效果。它让消费者自己动手输入他们的广告，并以实时更新的方式保证信息的时效性；最为重要的是，它是免费的！一个全国范围内的免费广告服务！那些负债累累的报刊企业如何能与之竞争？无需政府拨款和管控，将市民和市民直接联结起来，无时无刻，无处不在。这一几乎免费的市场所实现的社会效益建立在效率基础之上（网站在顶峰时期也只有30个员工），足以使任何政府组织或传统企业汗颜。固然，这种点对点的分类广告损害了报刊的商业模式，但同时它也提供了无可争辩的事例，即无论是追求利益的企业还是靠税务支撑的民政机构，共享模式都是一种可行的替代方案。

公共医疗保健领域的专家们曾经信誓旦旦地声称，共享照片尚可被接受，但没有人会愿意共享他们的病历记录。但是在PatientsLikeMe这家网站上，患者们将治疗结果汇聚起来，以便改进他们自己的治疗。这证明集体行为可以战胜医生意志和隐私恐慌。在推特上共享你的所思所想，在StumbleUpon上共享你的阅读，在Wesabe上共享你的



财务状况，在脸谱网上共享你的点点滴滴……这种日渐被接纳的共享习惯正在成为我们文化的一个基础部分。当我们以协作的方式构建百科全书、新闻机构、影视档案、软件应用时，当我们在跨越大洲的小组中与素未谋面的人一起工作时，当我们并不在意合作者的社会地位时——政治上的社会主义似乎是顺理成章的下一步。

在过去的一个世纪里，相似的事情也发生在自由市场领域。每天都会有人问：市场能在哪些方面做得更好？我们可以列出一长串问题，这些问题在以往似乎都需要通过合理规划或家长式管理而非既有的市场逻辑来解决。例如，政府传统上会对通信领域特别是属于稀缺资源的广播频段进行管制。但以市场方式将通信频段竞拍售出后，极大地促进了带宽的优化使用，并且加速了创新和新兴行业。再比如，与其让政府垄断邮件行业，不如让DHL、FedEx和UPS等市场参与者加入进来。很多时候，改进的市场方案会取得非常显著的效果。近几十年来的繁荣发展很大程度上就是得益于利用市场力量解决社会问题。

现在我们正以同样的方法来对待社会化协作技术：将数字社会主义应用于不断增长的愿望清单——偶尔也用于自由市场无法解决的问题——并观察其是否有效。目前为止，结果是令人惊奇的。我们已经成功地利用协作技术将医疗服务带到了最贫困的地区，开发了免费的高校教材，并且资助罕见疾病的药物研究。几乎每一次尝试，共享、合作、协作、开放、免费、透明所发挥出的力量都要比我们这些资本主义者所预期的更为实用有效。每次尝试时，我们都会发现共享的力量比我们想象的要强大得多。

共享的力量并非仅仅限于非营利领域。过去十年里创造了最多商业财富的三家公司——谷歌、脸谱网、推特，正是通过意想不到的方法从这种不被看好的共享模式中提取出了自身价值。

最初的谷歌之所以成功击败了当时搜索引擎行业的领头者，就是利用了由业余网页制作者所创建的各种链接。每当有人在网站上添加

超链接时，谷歌就会把这一链接计作被链接网页的“信任票”，并根据这一票为由此伸向网络的所有链接赋予权重。若链向某个特定页面（A）的网页也链向其他有可靠网页链入的页面，那么该特定页面（A）在谷歌的搜索结果中就会获得较高的可靠性排位。这一奇特的循环证据链并非由谷歌建立，而是由数百万个网页上共享的公共链接所构成。谷歌是第一家从消费者点击的共享搜索结果中获利的公司。一位普通用户的每次点击都在为那个网页的有效性进行投票。所以仅需使用谷歌，粉丝们就会将谷歌变得越来越好，并且具有更大的经济价值。

脸谱网则做了很少有人认为有价值的事情——构建朋友圈网络，并鼓励我们进行共享，同时让我们与新朋友之间共享消息和花边传闻变得简单易行。这对个人来说没什么大不了的，但在聚合层面上则是极其庞杂的。没有人能够预料到这种未受重视的共享能产生多大的影响。脸谱网最有价值的资产恰恰是那些表里如一的网络身份，这些网络身份是脸谱网的共享机制得以运转的必需之物。虽然充满未来感的游戏产品——比如《第二人生》（*Second Life*）——使共享一个想象版本的你变得轻而易举，但脸谱网通过便利地共享一个真实版本的你来赚取多得多的金钱。

推特采取了类似的策略，即挖掘未受重视的力量——仅用140字符共享“最新状态”。它通过让人们共享各种奇言妙语以及联络生疏了的老相识，构建起了令人惊叹的巨大商业体。在此之前，人们普遍认为这种水平的共享不值得花时间去，更何谈其价值。然而推特证明了，将这些个体的萤火之光聚合起来并加以处理和组织之后，再散播给个体或是将分析结果卖给企业，就能做到点石成金。

等级架构向网络结构转变，中心化的领导机制向去中心化的网络机制转变，这是过去30年的主要文化进程，而这一过程还并没有停

止。这股自下而上的力量将会把我们带得更远。然而仅有底层力量是不够的。

为了达成最好结果，我们还需要些自上而下的智慧。既然社会化技术和共享应用在当下已然十分流行，那就有必要再重复一遍：单纯的底层力量并不足以实现我们想要的结果。我们仍需要一点点自上而下的干预。每一个有影响力的自下而上的组织得以存在超过数年的原因正在于它把自己变成了一个自下而上和一定程度自上而下结合的混合体。

我是通过个人经历得出这个结论的。我是《连线》杂志的联合创始编辑之一。编辑执行自上而下的功能——挑选、修改、征稿、调整，以及引导作者。我们在1992年创办了《连线》，那时万维网还未发明，所以在万维网刚刚出现时我们有独特的优势来重塑新闻业。事实上，《连线》是最早架设商业化内容网站的机构之一。当我们探索以新的可能的方式在网络上创作并分发新闻时，一个有待回答的关键问题是：编辑手中掌握的权力可以有多大？很明显，新的在线工具使得受众不仅可以更方便地创作也能更方便地编辑内容。一个简明的念头挥之不去：如果我们将传统模式完全颠覆，让受众或消费者当家作主会怎样？这样他们就成为托夫勒所称的“产消者”——既是生产者，也是消费者。正如创新大师拉里·吉利（Larry Keeley）所洞察的，“没有人会比任何人都聪明。”或者像克莱·舍基说的：“大家一起来！”我们是否让受众中的“每一个人”来创作在线杂志的内容就好了？编辑是否应该退居幕后，只需对大众智慧创造的作品批准放行即可？

霍华德·莱茵戈德（Howard Rheingold）是一位作家兼编辑，他在《连线》杂志出现之前就已经以联线的方式生活了十年之久，他还是主张“现在可以舍弃编辑”的意见领袖之一。跟着大众走。莱茵戈德站在变革的最前沿，认为新闻内容可以完全由业余爱好者和受众来集体创作和组织。他后来还写了一本书，名为《聪明的暴民》（*Smart*

Mobs )。我们招募他来管理《连线》的内容网站——“热线”(Hotwired)。“热线”的激进初衷是组织大众读者为其他读者撰写内容。但实际情况更加激进。一直处于车尾缺少发言权的人发出了大声的呐喊,声称作者终于不再需要编辑了。人们再无需他人的许可来发表文章。任何一个可以联网的人都可以将其作品发布到网上,并获得观众;出版社把控内容大门的时代结束了。这是一场革命!既然是革命,《连线》杂志就发表了一篇《网络空间独立宣言》(*A Declaration of the Independence of Cyberspace*)以宣告传统媒体的终结。无疑,新的媒体正在快速繁殖。它们之中有类似Slashdot、Digg和后来的Reddit这种链接聚合型网站,在这些网站上用户可以对内容“顶”或“踩”,他们的行为起到了类似协作式舆论过滤器的作用,并通过“其他与你相似的用户”来实现相互推荐。

莱茵戈德坚信,如果能把那些有着强烈表达意愿和激情的人们解放出来,并且没有编辑在旁边碍手碍脚的话,《连线》杂志将会走得更快更远。今天,我们把这些贡献者称为“博主”或“推主”。在这点上霍华德是正确的。那些推动了脸谱网、推特以及所有其他社交媒体发展的内容全部是由用户创作且没有编辑参与其中的。数以十亿计的网络公民每一秒钟都在释放出图书馆级别的文字量。事实上,一个在线用户一年里写下的文字量平均而言要比过去的许多专业作家还多。这股巨浪是没有编辑、没人管理,完全自下而上的。而产消者制造的巨大语料库也已经受到了关注——2015年广告商为这些内容支付了240亿美元。

我对这场变革却持有对立的观点。彼时,我认为业余作者们创作的那些未被编辑的作品可能并不有趣,或者良莠不齐。当100万人在一周内进行了100万次写作(或写博客、或贴图)时,对这些文字洪流进行有目的的引导将会是非常有价值的事情。自上而下的选择将会随着用户生成内容的增加而逐渐凸显出其价值。随着时间的推移,那些提供用户生产内容的企业将不得不开始向素材的海洋里面添加编辑、筛

选和管理等功能，以维持人们对这些内容的关注。在底层的纯粹无政府状态之外，必须要有一些其他东西。

对于其他类型的编辑也是同样的道理。编辑是中间人，用现在的话说就是管理员，他们在出版社、唱片公司、美术馆或电影制片厂里工作，是介于创作者和受众之间的专业人士。虽然他们的角色将不得不进行彻底的转变，但他们存在的必要性不会消失。为了对蕴含着大众创造力的浑金璞玉加以雕琢，某些类型的中间人是必需的。

大约是在1993年吧。本着进行一场伟大实验的精神，我们上线了“热线”，也就是我们的在线杂志。这是一个以用户生产内容为主的网站。但它未能运转起来。我们迅速地投入了编辑力量，添加了由编辑提交的文章。用户可以提供素材，但在发表之前还是需要进行编辑。自那以后，每十年都会有商业新闻机构再次尝试这个实验。英国《卫报》曾试图利用读者的报告来运作一个新闻博客，但两年之后失败了。韩国的“我的新闻”（Oh My News）网站比大多数尝试都要做得好，但这一由读者撰写新闻的机构运行了几年之后，在2010年又回归到了传统的编辑模式。老牌商业杂志《快公司》（*Fast Company*）曾经签约了2000名博主来提供未经编辑的文章，但在一年后也停止了实验，目前仍然依靠编辑从读者提供的想法中提取素材。这种用户生产和编辑加工的混合模式相当普遍。脸谱网已经开始通过智能算法来过滤自下而上涌出的新闻洪流，并不会让它们都涌入到你那里。脸谱网还会继续增加这种中间滤层；其他自下而上的服务也将如此。

如果我们仔细而深入地观察，就会发现即使是被认为用户生产内容的典范——维基百科，也远非纯粹的自下而上。事实上，维基百科在向所有人开放的同时，也设置了后台的精英机制。如果一个人编辑的文章越多，那么他的编辑就越可能被保留。也就是说，随着时间的流逝，骨灰级的编辑会发现自己所做的改动更容易被保存，即系统偏爱那些常年投入大量时间的编辑人员。事实上，这些一直坚持的老手

就起到了某种管理作用，为维基百科这种开放的灵活机制提供了薄薄的一层编辑评判体系，并保证了其连续性。正是由于这一小群自封的编辑的存在，维基百科才得以持续运转和发展。

当一群人合写一部百科全书时，正如维基百科所做的那样，即使大家无法就一篇文章达成共识，也没有人需要负任何责任。有的仅是缺憾而已。这种失败并不会危及某个企业的生存。但一个集体的目标则是要构建一个体系——那些自我导向的成员能够对关键流程负起责任，而类似优先级排序这样的困难决定则由全体成员共同作出。历史上有数百个小规模集体主义团体已经尝试过这种去中心化的运作模式，即执行功能不由上层掌握。然而结果并不让人乐观，只有极少数的社群可以维持若干年以上。

当我们对维基百科、Linux或者OpenOffice的管理核心进行仔细考察后会发现，它们所做的努力与集体主义者的理想状况相去甚远。当有数百万个作者为维基百科做出贡献的时候，有那么一小部分编辑（大约1500人）要负责对大多数文档进行编辑。程序开发也是如此。海量的内容贡献被交给一小群协调者进行管理。正如Mozilla开源代码工厂的创始人米切尔·卡普尔（Mitch Kapor）所观察到的，“在每个成功的无政府体系中总会存在一个长老会组织。”

这并不一定就是坏事。再微弱的等级制度也会让某些人受益，而让另一些人受损。像互联网、脸谱网或者民主这样的平台旨在为生产商品和提供服务搭建场所。这些基础性平台会从尽可能减少层级、降低准入门槛、公平分配权利和义务中获益。当有强势的活动者在这些系统中占据支配地位时，整个系统都会遭殃。另一方面，那些旨在制造产品而非提供平台的机构则往往需要强势的领导以及构建在时间尺度上的等级结构：较低层级的工作专注于以小时为单位的任务；高一级的则侧重当天需要完成的计划；再高层级的工作则需要处理每周或每月的事务；而更高层级（通常是CEO级别）的工作需要对未来

五年的发展进行筹划。很多企业都梦想着从制造产品转型为提供平台。但当他们实现目标后（比如脸谱网），却常常没有为所需的角色转型做好准备。在保证机会平等和“平均”方面，在最小化等级架构方面，他们必须更像政府而非公司那样来行事。

在过去，构建一个既能充分利用等级制度又能最大化集体主义的组织几乎是不可能的。管理大量事务的成本是巨大的。今天，数字网络为我们提供了廉价的点对点通信。网络使得专注于产品的组织能够以集体化的方式运作，同时保留一定的等级制度。例如，在MySQL这一开源数据库产品背后的组织并不是不存在某些等级制度，但是相比甲骨文这样的数据库巨头，它体现了更多的集体主义精神。同样，维基百科也并非一个完全平等的堡垒，但相比《大英百科全书》，它还是极大地体现了集体主义。这些新兴的集体都是混合型组织，但相比大多数传统企业，它们还是远远倾向于非等级结构。

在花了一些时间后，我们意识到自上而下的机制是需要的，但又不能太多。蜂巢思维寓智于愚，就好比是食物原材料，只需巧手烹饪即可成美味佳肴。而编辑工作和专家意见就像是维生素，即使一个庞大的躯体也只需要那么一点点；过量的话反而会变成毒药，或是不被吸收而浪费掉了。合适的剂量刚好足以激活庞大的躯体。

今天，我们可以有无数种方式将大量的失控元素与少量的自上而下的控制相混合，这是最激动人心的前沿。在此之前，技术主要是用于自上而下的控制；现在它可以兼容控制与混乱了。以前，我们无法构造一个包含很多混乱和不可控因素在内的系统。现在，我们则闯入到了一个属于去中心化和共享的不断扩张的可能性空间；此前由于技术的局限，我们从未能进入到这个领地。在互联网出现之前，我们无法实时地协调上百万人，也无法召集成百上千的人员为一个项目一起协作一周。现在我们可以了，并且可以快速地探索将控制与大众相结合的所有排列组合。

然而，一个大规模的自下而上的尝试往往达不到我们想要的目标。生活中我们很多时候需要专业性。但如果完全没有专家，我们就很难达成我们想要的专业性。

也因此，我们对维基百科还在持续不断地改进其流程就不会感到吃惊了。每年都会加入更多的层级。有争议的文章可以由高级编辑“冷冻”起来，不再能被随意的个人修改，只能由指定的编辑修订。将会有越来越多的规则说明哪些是可以写的，还会有越来越多的格式要求，并且需要越来越多的审批。但同时，这些文章整体的质量也提高了。我猜想，50年之内维基百科上的大多数文章都将需要受控于编辑、专家评审、校验锁定、认证证书，等等。这些改变对我们读者来说都是很好的。每一步改变都是借由少量自上而下的智慧来校正大规模自下而上的系统所表现出来的愚笨。

既然“蜂巢思维”如此愚笨，为什么还要跟它大费周折呢？

因为它既愚笨，但又足够聪明，可以胜任很多工作。

首先，自下而上的“蜂巢思维”总是可以比我们想象的走得更远，甚至超越我们所能相信的程度。维基百科尽管还不完美，但它已经远远超出任何人当时的预期了，而且还在持续不断地带给我们惊喜。Netflix在几百万人观看记录的基础上所给出的个性化推荐远比人们以为的要好得多。eBay的虚拟陌生人跳骚市场本不被看好，但尽管还不算完美，它也远远超出了人们当初的预期。优步的点对点按需出租车服务也比权威和许多风投基金们最初认为的发展要好得多。只要给予足够的时间，那些去中心化的、相互连接起来的愚笨事物终将会变得比我们预想的更为聪明。

其次，即使这种完全去中心化的力量不能解决我们所有的问题，但它几乎总是开始解决问题的最佳方式。它快速、廉价且不为人所控制。启动一个新的众包服务的门槛很低，而且还在变得更低。“蜂巢思



维”可以很快、很平稳地规模化。这就是为什么在2015年有9000家创业公司都在尝试利用去中心化的、点对点网络的共享能量。这些公司是否会在将来改变其形态并不重要。也许100年后，像维基百科这样的共享过程会被插入过多的管理层级，以至于它们变得更像老式的、中心化的商业。即便如此，自下而上仍是解决问题的最佳开始方式。借助“蜂巢思维”的愚笨之力，我们总能走得比我们所梦想的要更远。这也是迄今为止开始解决问题的最佳出发点。

我们现在生活在一个黄金时代。未来10年的创作量将会超过过去50年的总量。将会有更多的艺术家、作家和音乐家投入到创作中，而且他们每年都将会创作出更多的图书、歌曲、电影、纪录片、照片、艺术品、歌剧以及唱片等。图书从未像今天这般便宜且伸手可得。音乐、电影、游戏以及各种可以被数字化拷贝的创意作品都是如此。人们能够接触到的作品的数量和种类都如火箭般增长。越来越多的人类文明的历史作品——各种语言的——不再以珍藏本的形式封存在锁着的档案馆里，而是无论你在哪里，与你都只有一个鼠标点击的距离。推荐技术和搜索技术使人们可以轻易找到哪怕是最不为人知的作品。如果你想找寻6000年前古巴比伦人用七弦琴伴奏的吟唱，喏，它们就在那里。

与此同时，数字创作工具已经变得十分普及，这使得人们无需很多资源或特殊技能就可以制作一本书、一首歌曲、一个游戏，甚至是一个录像。为了证明这点，一家广告公司最近用智能手机制作了一段特别精美的电视广告。传奇画家大卫·霍克尼（David Hockney）用iPad创作了一套流行画作。著名音乐家利用现成的价值100美元的键盘来录制热门歌曲。有十几位不出名的作家通过自出版已经卖出了几百万册的电子书，而使用的工具只不过是一台非常便宜的笔记本电脑。迅捷的全球互联网络创造了最大的听众市场。在互联网上，最热门的作品变得更加热门。例如，韩国流行歌手的舞蹈视频《江南Style》已经被

观看了24亿次，而且还在继续增长。在这个地球上从未出现过这种数量级别的观众群体。

在这些自制的畅销作品登上各大头条的同时，真正的新闻却是在另一个方向上。数字时代是那些非畅销品——被低估、被遗忘的作品——的时代。借助共享技术，最冷僻的兴趣将不再孤独，它离人们只有一键之遥。互联网快速地渗入到了每个家庭，近年又通过手机渗入到所有人的口袋里，这种趋势终结了大众市场独霸天下的局面，带动了乱众市场的增长。这是一个全球范围的“利基市场”。左撇子的纹身艺术家可以相互结识，共享彼此的故事和绝招。那些喜欢寻找性感耳语（事实证明此类爱好者大有人在）的人可以找到并观看那些由志趣相投的耳语爱好者制作并共享的视频。

每一个类似的利基市场都是小众的，但是存在着数千万个不同的利基市场。在这海量的利基市场中，即便每个小众爱好只能吸引几百个粉丝，一个潜在的新粉丝只要谷歌一下就能找到组织。换句话说，想要查找一个特定的小众爱好就像查找一个畅销作品一样简单。今天，我们不会为一小群人共享一个匪夷所思的爱好而感到惊讶，我们反而会为没有出现这种情况而感到惊讶。当我们启程前往亚马逊、Netflix、Spotify或者谷歌之外的荒野世界时，十有八九会碰到一些人，他们带着完成的作品或现成的论坛，在那里与我们最“遥远”的兴趣不期而遇。每一个利基市场与一个畅销的小众市场都只有一步之遥。

如今是观众为王的时代。但创作者呢？在共享经济下谁支付他们报酬？当中间机构消失后谁来出资支持他们的创作活动？答案令人惊奇：另一种新的共享技术。再没有比众筹更能让创作者受益的方法了。在众筹中资助作品的正是观众。粉丝们集体资助他们所喜爱的。共享技术使得愿意向艺术家或作者预付费用的单个粉丝的力量与其他

类似的数百个粉丝的力量汇聚起来（无需费多大劲），最终形成一笔数量可观的金钱。

最有名的众筹机构是Kickstarter。自上线以来的7年时间里，它已经号召900万粉丝资助了88000个项目。Kickstarter是遍布世界各地的450个众筹平台之一，其他平台，例如IndieGoGo，也同样收获颇丰。众筹平台们每年为那些无法从其他渠道获得资助的项目所筹集的资金超过了340亿美元。

在2013年大约有2万个项目发起人利用Kickstarter平台向他们的粉丝募集资金；我也是其中之一。我和几个朋友创作了一本全彩图画小说，为了创作和出版这本名为《银带》<sup>[1]</sup>（*The Silver Cord*）的故事的第二集，我们需要4万美金来支付给作者和艺术家。我们制作了一小段视频来说明要用这笔钱做什么，然后把它放到了Kickstarter上，随后通过社交媒体网络向我们的朋友和粉丝们宣传这一活动。募集周期为30天。我们设计了不同的捐赠额度，从1美元到1000美元，并配以相应的回报。其实这与公共电台里的募资活动没有什么不同。粉丝们常因能够支持他们喜欢的人而感到快乐，同时也能更早或更便宜地获得新作品。在我们的众筹中，较低档的回报是这本书的PDF版本，较高档的回报则是带有艺术家签名的纸质版，而最高档的回报可以将支持者的名字或面孔植入到漫画书中。

Kickstarter有一套精巧的第三方担保服务，所有筹款（对我们来说就是那4万美金）只有在达成募资目标之后才会被转交给创作者。在30天募集期结束时哪怕只差1美元，所有筹款都会立即返还给资助人，发起人得不到一分钱。这样做是为了保护粉丝，因为一个筹不到足够资金的项目注定会失败。这样的设计也应用了经典的网络经济学原理，也就是让你的粉丝成为你的营销主力，因为他们一旦参与进来，就会有动力去号召他们的朋友也参与进来，以确保你实现你的目标。

照顾好粉丝几乎就是一项全职工作。我们一整月里都在做线上的交际工作：通报进度，回答问题，做推广，并努力寻找新的粉丝以确保实现我们的目标。我们有惊无险地做到了。离截止日期只剩几天时，我们还差5000美元。眼瞅只剩下令人揪心的几个小时了，我们仍没有达到我们所需的4万美元目标。但是当结束的钟声敲响时，我们募集到的钱多出了2000美金。Kickstarter鼓励项目发起人设立较为稳妥的目标，并在募集资金超过目标后为粉丝提供“延伸目标”——包括项目改进和回报升级。有时，Kickstarter上的项目可能会受到未曾预料到的欢迎，募集的资金可能超出目标100万美元之多。Kickstarter上募集金额最高的项目是一块数字手表产品，它从未来的粉丝中募集了2000万美元。在所有项目中，有将近40%的项目达成了他们的筹资目标。

在这约450个粉丝筹资平台中，每一个都会调整其规则以迎合不同的创意群体或突出不同的结果。众筹网站可以根据资助群体的不同做出相应的优化，例如资助音乐家的Pledgemusic和Sellaband、资助非营利机构的Fundly和Fundrazr、资助紧急医疗的GoFundMe和Rally，甚至还有资助科学的Petridish和Experiment。一些网站，如Patreon和Subbable，致力于为持续性的项目提供持续的资助，比如杂志或视频。还有一些平台，如Flattr和Unglue，借助粉丝来资助已经发表的作品。

但迄今为止大众共享最具潜力的未来还是在以粉丝为基础的股权众筹领域。与投资一个产品不同，支持者们是在投资一家公司。其理念是允许一家公司的粉丝购买这家公司的股份，就如同你在股票市场上购买某个上市公司的股票一样。你拥有众包所有权的一部分。你所拥有的每一股都是整个企业的一小部分；由公众股份筹来的资金将会用于开展公司业务。理想状态下公司应从自己的消费者那里融资，然而现实中财大气粗的养老金基金和对冲基金才是公司股份的大买家。对上市公司进行严格的管理和密切的政府监督可以为普通的股票购买者提供一些保障，使得每一个拥有银行账户的人都可以购买股票。但

是对于有风险的创业公司、单打独斗的创作者、疯狂的艺术家的，或者是在车库里的两个小伙子而言，他们负担不起这繁重的文案工作和层层金融官僚审批程序。每年只有寥寥几家资金充足的公司才有机会IPO（首次公开募股），而且还要花大价钱请律师和会计人员对业务进行内部审计。如果存在一个开放的P2P机制，使得任何一家公司都可以（在一定监管下）将其所有权股份向公众发行，那将给商业带来革命性的改变。正如众筹能够使数以万计的新产品得以问世一样，新的股权共享模式也会催生出数以万计的创新企业。到那时，共享经济将会包含所有权共享。

其好处是显而易见的。如果你有一个想法，你可以从其他任何人那里寻求投资，只要他同你一样看到了这个想法的潜力。你不需要得到银行家或者富人的认可。如果你努力工作并且最终成功了，你的支持者将和你同享荣华富贵。艺术家可以用粉丝的投资来开办一家长期售卖其作品的公司。在车库里鼓弄出新奇小玩意儿的两个小伙子可以发展出一整套企业流程，制造出更多的新奇小玩意儿，而不必每个产品都要拿到Kickstarter上去众筹。

其缺点也是显而易见的。缺少了必要的审核、监管和监督执行，P2P投资可能会招来各种骗子。精明的骗子可能会许诺各种丰厚回报，但在拿走你的钱后则以失败为由逃脱责任。老人们可能会因此失去他们一生的积蓄。但正如eBay会利用新的技术来解决陌生人交易中存在的欺诈这一老问题一样，股权众筹的风险也可以通过技术创新来做到最小化，比如保险池、第三方担保以及其他通过技术引入的信任凭证。在美国有两家股权众筹的早期尝试者Seedinvest和FundersClub。它们仍然依赖于“合格的富人投资者”。目前，它们正在等待美国法律作出修改，争取在2016初将普通公民的股权众筹合法化。

为什么止步于此呢？谁会相信贫困的农民可以从地球另一端的陌生人那里借到100美元并且最终偿还了呢？而这正是Kiva公司所开展的

**P2P**借贷业务。几十年前国际银行就发现，将少量的钱借给穷人要比将大量的钱借给富裕的国家政府有着更高的还款率。也就是说，把钱借给玻利维亚的农民要比借给玻利维亚政府更安全可靠。类似这种几百美元的小额信贷业务一旦做成几万笔，也能助力发展中的经济体走出困境。借给一个贫困的妇女95美元，使其有能力采买物料并在街头开办一个餐饮车。她拥有稳定收入所带来的好处将会通过她的孩子、当地经济发生连锁反应，很快就可以为更复杂的经济启动打下基础。这才是最为有效的发展策略。**Kiva**在共享上更进一步，将小额信贷发展成了**P2P**借贷，使得处在任何地方的任何人都可以开展小额信贷。当你坐在星巴克里的时候，就可以将120美元借贷给玻利维亚某个打算采买羊毛开展编织生意的妇女。你可以一直追踪她的进展，直到她把钱还给你，而那时你又可以将这笔钱借给其他人。自从**Kiva**公司在2005年成立以来，已经有两百万人通过它的共享平台以小额贷款的方式借出了总计7.25亿美元的款项。还款率高达99%。这极大地鼓舞了再借贷。

如果**Kiva**能够在发展中国家发挥作用，那么为什么不能在发达国家开展**P2P**借贷呢？有两家网络公司（**Prosper**和**Lending Club**）正在这样做。他们将普通的中产阶级借款人与那些愿意以合适利率进行放贷的普通市民进行匹配。截至2015年，这两家最大的**P2P**借贷公司已经促成了至少20万笔贷款，累计金额超过100亿美元。

创新自身也是可以“众包”的。作为财富500强公司之一的通用电气担心他们自己的工程师无法与身边的快速创新保持同步，因而上线了**Quirky**平台。网络上的任何人都可以向通用电气公司提交一个全新产品的创意。每个星期，通用电气的员工都会投票选出当周最佳创意，然后开展工作使其变成现实。如果一个创意变成了一个产品，那么创意的提出者也会挣到钱。迄今为止，通用电气借助这一众包方式已经开发出了至少400件新产品。其中之一就是鸡蛋提醒器（**Egg**

Minder)，它是安装在你冰箱里的一个鸡蛋容器，可以在需要订购鸡蛋时给你发送短信提醒。

众包的另一种形式也颇为流行，但就初期而言，合作的成分较少，竞争的成分较多。这就是通过竞赛的方式为商业需求提供最佳解决方案。公司会从众多的提案中挑选最佳解决方案并支付奖金。例如，Netflix曾向程序员们悬赏100万美元，征集比它现有的推荐算法效果提升10%的新算法。有4万个团队提交了能够提升效果的、还算不错的解决方案，但最终只有一支团队达成目标并赢得了奖金，其他人都是无偿工作。类似于99Designs、Topcoder、Threadless这样的网站都可以为你的项目发起竞赛。比如说，你需要一个LOGO，那么你就为最佳设计设立一个报酬。你设立的奖金越高，就会有越多的设计者参与到竞争中。在几百个提交的作品中，你选出你最喜欢的，然后把报酬支付给设计师。但因为平台是开放的，意味着每个人的作品都公开可见，因而每个竞争者都会借鉴他人的创意并试图超越其他人的作品。从客户的角度看，在同样的价格下，大众所产出的设计可能要远远好于单一设计师的作品。

大众可以制造一辆汽车么？是的。位于亚利桑那州凤凰城的Local Motors公司就采用开源方式来设计和制造小批量的、性能可定制（比如速度快）的汽车。由15万汽车狂热爱好者组成的社区会为一辆拉力赛车所需的上千个零件提供方案。有些是其他车辆所用现成部件的“破解”版，有些是由散布在美国各地的“微型工厂”生产的定制部件，还有些设计需要3D打印完成。Local Motors公司的最新款车型是一辆完全3D打印的电动车，它的设计和制造也都是由社区完成的。

当然，许多东西过于复杂、小众、长期或是冒险，因而无法由潜在的顾客来资助或创作。比如，火星载人火箭，横跨阿拉斯加和俄罗斯的大桥，或者一部在推特上写作的小说。在可见的将来，这些事物可能还是超出了众筹的范畴。

但再次回顾下我们从社交媒体上学到的东西——借助大众共享,我们往往能够比我们想象的走得更远,而且那几乎总是最好的起始点。

我们只是刚刚开始探索大众可以做出哪些令人惊奇的事情。一定有上百万种不同的方式来借助大众支持一个创意,或者借助大众组织它,或者借助大众实现它。也一定会有上百万种新的方式让我们以不曾料到的方式来共享不曾料到的事物。

未来30年中的最大财富和最有意思的文化创新都会出现在这一领域。到2050年,最大、发展最迅速、盈利最多的企业将是掌握了当下还不可见、尚未被重视的共享要素的企业。任何可以被共享的事物——思想、情绪、金钱、健康、时间,都将在适当的条件和适当的回报下被共享。任何可以被共享的都能以上百万种我们今天尚未实现的方式被更好、更快、更便利、更长久地共享。在我们历史的这一时刻,将从未被共享过的东西进行共享,或者以一种新的方式来共享,是事物增值的最可靠的方式。

在不久的将来,我的生活将会是这样一个场景:作为一名工程师,我同其他来自世界各地的工程师一起在一个合作社里工作。我们的合作社由1200名工程师——而非投资人或股东——集体所有和管理。我用我的工程师技能来赚钱。最近,我设计了一种新方法,可以改进用于电动车再生制动器的飞轮的效率。如果我的设计最终得以应用,我将会得到报酬。实际上,无论我的设计在哪里被应用,即使是被复制后用于一辆完全不同的车或是其他目的,报酬仍会自动地流回到我这里。车子卖得越好,我的小额报酬就会积攒得越多。如果我的设计能够被病毒式传播,我将会非常高兴。它被共享得越多就越好。摄影作品的模式也是如此。当我将一个照片贴在网上,我的个人信息就会被加密到图片里,这样网络就可以追踪这张照片。任何转帖这张照片的人都会从其账户里给我支付一笔极小额的报酬。无论照片被复制多少次,我该得的那份总会回到我这里。相比上个世纪,现在制作



一个教学影片已经变得相当简单了，因为你可以利用其他优秀的创作者已有的素材（图像、场景甚至是布局）来“装配”自己的作品。而这些素材的小额报酬都会自动流回到创作者那里。我们以众包的方式生产电动车；但与几十年前不同，每一个为这辆车做出贡献的工程师，无论贡献大小，都会按照比例获得报酬。

我可以从数万个不同的合作社中选择我愿意参与的。（我们这一代并没有多少人愿意为一家公司打工。）这些合作社提供不同的回报比率，不同的回报方式，但最为重要的是，有不同类型的合作者。我将大量的时间贡献给我最喜欢的合作社，并不是因为他们支付的报酬更多，而是因为我特别享受与最棒的人一起工作的感觉——虽然我们从未在真实世界里见过。有时想让你的工作成果被一个高质量的合作社接纳还是很困难的。你先前的成果——当然都可以在网络上追踪出来——必须真的很棒。他们偏爱那些长为若干项目做出贡献的活跃人士，加上若干条自动付款流，这些都表明你在共享经济里有着较好的工作表现。

当不工作时，我会玩一个超大型的虚拟世界游戏。这里的世界完全由用户自己建造，并且也由用户控制。我花了6年的时间建设一个山顶上的村落——每一面石墙，每一个布满苔藓的房顶。被白雪覆盖的角落为我赢得了大量积分，但对我更为重要的是，将这个地方与我们制作的更为宏大的虚拟世界完美融合。有多达3万个不同类型的（暴力的和非暴力的，策略类的和射击类的）游戏在这个世界平台上运行，并且互不干扰。这个世界的面积已经与月球一般大了。大约有2.5亿人参与了这个游戏，每个人都在照看这个庞大世界的某一小片区域，每个人都通过他们自己的联网芯片来处理这个世界的信息。我的村落运行在我的智能房屋监控器上。过去我曾因服务器公司破产而损失了我的工作成果，因而现在的我（就像数百万其他人一样）只在自己掌控的领地和芯片上工作。我们都将自己少量的CPU工作周期和存储单元贡献给这个共享的“伟大世界”；它实际上是一个通过屋顶的中继器连

接而成的网状网络。我屋顶上有一个太阳能的迷你中继器，它可以与附近屋顶上的其他中继器进行通信，这样我们这些“伟大世界”的建造者就不会因一家公司的网络问题而受到影响。我们集体运营这个网络，这是一个没有人拥有，或者是每个人都拥有的网络。我们的贡献不会被售卖；当我们在一个扩展的互联空间里玩游戏时，也无须“被营销”。“伟大世界”是有史以来最大的合作社，而且这是我们首次尝试星球尺度的管理。游戏世界里的政策和预算由电子投票决定，内容会进行逐字逐句地解读，并附以大量的解释、辅导甚至还有人工智能来促进这一过程。现在这2.5亿人都在想，为什么他们不能以同样的方式来投票表决他们国家的预算。

人们在“伟大世界”里组建团队、合作社的目的居然是为了在现实世界里制造东西。我们发现用于协作的工具在虚拟空间里改进得更快。我正在参加一个黑客马拉松，其目标是通过协作设计和众筹的方式制造一艘往返火星的探测器，并实现首次从火星带回几块岩石到地球的任务。从地质学家到图形艺术家，几乎每个人都参与其中。几乎每一个高科技合作社都会贡献自己的资源乃至人工，因为很早以前人们就认识到，最棒最新的工具就是通过这种大规模协作的模式发明的。

几十年来我们都在共享我们的产出——由我们的照片、视频短片和精挑细选的推文构成的信息流。大体而言，我们在共享的还都是我们的成就。直到最近10年我们才意识到，当我们将我们的失败也以同样的方式进行共享时，我们会学得更快，工作会做得更好。所以在我工作过的合作社里，我们做任何事情都会保留并共享所有的邮件、所有的聊天记录、所有的报道、所有的中间版本以及所有的草图。整个历史都是开放的。我们共享的不仅是最终的成品，还包括整个过程。对于我和其他想要做好工作的人来说，所有不成熟的想法、尝试过的死胡同以及跌倒和爬起都是有价值的。当把整个过程都开放后，你想自欺欺人都很难，你能更容易看到，什么是确实对的。甚至科学界也

采纳了这种想法，要求科学家在实验失败时也要共享他们的负面结果。我体会到，在协同工作中越早开始共享，成功和收获就会越早到来。我的生活一直处于联网状态。我共享的和别人共享给我的信息总量在不断增加——持续的小幅更新、少量改动的版本升级、微小的系统调试等，这种稳步前行的过程使我成长。共享几乎从不间断；即便是沉默也将被共享。

---

[\[1\]](#) 该书的中文版由译言网主持众筹，在30天内筹到了来自中国大陆以及港澳台地区1000位支持者的31万人民币，已经由电子工业出版社出版。——编者注

## 第7章

### 过滤 Filtering

对于一名读者、一位观众、一个听众，亦或是人类思想表达运动中的一个参与者而言，再没有比现在更好的时候了。每年，都有如雪崩般的大量新鲜事物被创造出来。每年我们生产出**800万首新歌**，**200万本新书**，**1.6万部新电影**，**300亿个博客帖子**，**1820亿条推特信息**，**4万件新产品**。今天，任何一个普通人都无需花费太多力气，最多就是抬下手腕的过程，就能召唤出包容万物的图书馆。只要你愿意，你就可以阅读大量的用古希腊语书写的希腊文章，数量多得要比古希腊罗马时期最有名望的希腊贵族所能看到的还要多。同样帝王般的享受也适用于中国古代的卷轴书籍；相比中国古代的帝王，你的家中就可以有更多这些藏书。无论是文艺复兴时期的蚀刻版画，还是莫扎特协奏曲的现场演出，在当时都难以见证的珍贵资源，现在都可以便捷获得。在以上每一个方面，当今媒体的丰富繁荣都已经达到了空前的顶点。

根据我所能找到的最新记录，这个星球上记录在各个地方的歌曲总数量是**1.8亿首**。使用标准的**MP3**压缩比率，人类所有现存的音乐可以收纳到一个**20TB**大小的硬盘里。而今天一个**20TB**的硬盘售价为**2000美元**。5年之后，这种容量的硬盘售价将为**60美元**，并且其体积小大到可以装进你的口袋里。用不了多久，你就可以将人类的所有音乐装到你的裤兜里随身携带。但另一方面，既然这个音乐图书馆如此之小巧，你又何必费事地将其带在身上呢？因为那时你完全可以根据自己的需要，直接从云端访问世界上所有的歌曲。

发生在音乐上的这一变化，也会发生在任何一个或者每一个可以用比特表达的事物上。在我们有生之年，由所有图书、游戏、电影以及每个打印出的文字构成的综合图书馆会24×7小时地对我们开放，所需的接口也只是那同一块屏幕，或者是同一个云端路径。而且每一天，这个图书馆都在膨胀。我们互为消费者相遇的可能性系数已经因人口的快速扩张而随之扩大了，而简化创造过程的技术进步将这种可能性进一步扩大。现在全球人口数量是我出生那年（1952年）的三倍，而未来10年内<sup>[1]</sup>应该还会再增加10亿人。在我出生以后，新增加的50亿至60亿人中有越来越多的人借助现代化发展的富足和安逸得以从枷锁中解放，他们可以自由地产生新观点，创造新艺术，制作新事物。今天制作一个简单的视频要比10年前容易10倍；设计并制作一个小的机械零件要比100年前容易100倍；写作并出版一本图书要比1000年前容易1000倍。

以上这些变化的结果就是我们来到了一个无限大的大厅里，在每一个方向，都堆砌着无数种可能的选择。尽管类似汽车无线电制造这种老旧行业被淘汰消失，但可供选择的职业种类却变得更加丰富了。度假的地方、吃饭的地方，甚至是食物的种类，这些可供选择的选项数量每年都在累加。可供投资的机会也在迅速增加。可供参加的课程，可供学习的东西，可供娱乐的方式，这些选项的数量已经膨胀到天文数字级别。在人们有限的一生中，没有人有足够的时间把每个选择的潜在影响都逐个审视一遍。即使只是对过去24小时里被发明或创造出的新事物进行概览，也会花费我们一年以上的的时间。

这个包容万物的图书馆规模极其巨大，它迅速吞没了我们本就十分有限的消费时间周期。我们将需要额外的帮助才能穿越这广袤之地。生命如此短暂，却有太多的书需要去读。我们需要某些人或者东西来做出选择，或者在我们耳边悄悄地告诉我们该如何选择。我们需要一种对信息进行分类的方法，而唯一的选择就是寻求帮助来指导我们如何选择。我们借助各种各样的方法对铺在面前的令人眼花缭乱的

选项进行筛选。很多这种过滤方法都比较传统，而且依旧发挥着作用。

我们通过“守门人”来过滤信息：权威、父母、牧师和老师都会将坏的东西挡在门外，选择性地把“好东西”放进来。

我们通过媒介来过滤信息：在图书出版商、音乐制作室和电影工作室的办公室桌上总是堆起很多被否掉的项目。他们说“不”的时候要远多于说“是”，这就对那些广泛传播的信息起到了过滤的作用。报纸的头版新闻也是过滤器，因为它对这些头条说“是”的同时就忽略了其他消息。

我们通过管理者过滤信息：零售店不会采购每样东西，博物馆不会展出每件藏品，公共图书馆不会收藏每一本书。所有类似的管理者都会选择他们所认可的商品，从而起到过滤器的作用。

我们通过品牌过滤：面对着堆满相似产品的货架时，第一次采购的买家会保守地选择一个熟悉的品牌，因为这是降低采购风险的一种便捷方法。通过品牌，可以将混杂的东西过滤掉。

我们通过政府过滤：禁忌的东西会被禁止，有时甚至会被清除，比如充满仇恨的言论、对国家领导人的批评以及对宗教的批判。而国家主义的相关议题则会被提倡。

我们通过我们的文化环境过滤：儿童会接收到不同的信息、内容和选择，依据的标准则是他们身边的学校、家庭以及社会对他们的期望。

我们通过我们的朋友过滤：同伴对我们的选择有很大的影响。我们很有可能会选择朋友选择的東西。

我们通过自身来过滤：我们依据自己的喜好和判断来做出选择。传统上讲，这才是最珍贵的过滤器。

在面对如今信息过度丰富的状况时，上面这些方法并未消失。但在处理未来10年急剧增长的各种选择时，我们就要发明出更多类型的过滤方法了。

设想你生活在这样的一个世界里——那些被制作出的每部伟大的电影、每本伟大的书籍、每首伟大的歌曲都像“免费”似的触手可得，而你那精致的过滤系统则已经将废话、垃圾和其他可能会让你感到丝毫不爽的东西统统清除掉。将那些广受好评却对你个人没有任何意义的发明统统抛之脑后，而只去关注那些能真正令你兴奋的事情。你唯一面临的选择就是品尝这百分百的精华中的精华，而你最好的朋友给你推荐的东西中，也会包含一些“随机”的选项以让你偶尔感到惊喜。换句话说，你只会遇到那些在此时此刻与你完全匹配的事物。经过你的过滤器筛选后，唯一在前方等着你的就是那成堆的令你疯狂的事物。

例如，在你设置筛选书目标准时，可以设定只选读那些最伟大的作品，例如仅仅关注由博览群书的专家选定的书籍，并让他们引导你阅读被视为西方文化精粹的60卷精选文集，即著名的《西方世界的伟大著作》（*Great Books of the Western World*）系列。但即使如此，你或任一个普通读者都要花2000小时才能完全读完这2900万字的系列书籍，遑论这还只是西方世界的文化典籍。因此，我们大多数人还需要更进一步的过滤。

但问题在于，我们一开始有太多的备选项，这使得我们即使只挑选出一百万分之一，仍然会面临很多选择。有很多对你而言可以给五星的电影，但你一生中却没有足够的时间把它们都看完。有很多特别适合你的工具，但你没有足够的时间把它们都掌握。有很多很酷的网站会让你流连忘返，但你没有足够的精力把它们都尝遍。事实上，

也有很多超棒的乐队、图书、小玩意正合你胃口，而你也并没有足够的时间去体验，即使你的全职工作就是干这个，也是不可能的。

尽管如此，我们仍然试图将这些大量丰富的信息缩减到令人满意的程度。让我们先从理想途径开始探索。以我自己为例，我会选择将我的注意力投向哪里呢？

首先，我想先查收下我认为我会喜欢的东西。这种个人过滤器早就已经有了，即我们所说的推荐引擎。亚马逊、**Netflix**、推特、领英、**Spotify**、**Beats**、**Pandora**，以及其他聚合类网站，都在广泛使用推荐引擎。推特会使用推荐系统来向我建议我应关注的人，所依据的信息就是我已经关注了谁。**Pandora**使用类似的系统向我推荐我可能会喜欢的新音乐，依据的是我曾标出的喜欢的歌曲。在领英建立的关系网络中，有一半以上都是源于他们的相关推荐系统。亚马逊的推荐引擎则塑造了著名的广告标语，即“喜欢这件商品的人也喜欢下面这一件”。**Netflix**也是利用类似的系统向我推荐电影。巧妙的算法会对每个人的大量行为记录进行汇总分析，以期能够及时地预测我的行为。他们的猜测有一部分是基于我过去的行为，所以亚马逊的标语应当说“根据你的个人历史记录和与你相似的其他人的历史记录，你应该会喜欢这个”。他们的建议会根据我曾经购买过，甚至是我之前想买的东西来做精细调整（他们会追踪我在一个网页上停留思考的时间，即使我最终没有选择它）。通过对10亿条过往购买记录的相关性计算，他们的预测会相当有先见之明。

这些推荐型过滤器是我主要的探索机制之一。平均而言，我发现相比专家或朋友的建议，这些推荐引擎更为可靠。事实上，很多人都意识到了这些过滤性推荐系统的有效性，以至于“更多类似”（**more like this**）的销售方式已经占到了亚马逊销售额中的第三位——2014年时通过这种方式达成的销售额超过了300亿美元。这种系统对于**Netflix**而言也有着巨大价值，所以他们雇用300多个人从事推荐系统的相关工



作，并且还投入1.5亿美元的预算。在2006年，Netflix拿出100万美元作为奖励，征集能够提升他们现有推荐系统工作效率的算法，任何一个研发团队只要能帮他们提升10%的效率，就可以获得奖励。有一点是必然的，即一旦这种推荐引擎开始运行后，没有任何人会干涉这些过滤器。因为算法的识别是基于我（和其他人）生活中极其细微的行为习惯，而那是只有不需要休息、不停运作的机器才可能注意到的细节。

然而，只接触那些你已经喜欢的东西是有风险的，即你可能会卷入一个以自我为中心的漩涡，从而对任何与你的标准存在细微差异的事情都视而不见，即使你原本会喜欢它。这种现象被称为“过滤器泡沫”(filter bubble)，技术术语是“过适”(overfitting)。你卡在了一个小高点的位置，而你却自认为自己是站在顶点上！有大量证据表明这种现象在政治领域经常发生；党派中的成员通常只依据“跟这很像”这一简单的过滤方式来筛选信息，一个党派中的成员几乎不会去阅读他们党派之外的书籍。这种过适的状况会使他们的思维变得僵化。但这种过滤器引发的自我强化过程也会发生在科学领域、艺术领域，以及整个文化层面。“更多类似”这种过滤器越有效果，我们将其与其他过滤器合并使用就越有必要。例如，雅虎的一些研究者设计了一种方式，可以自动绘制出个人在选择领域中所处位置的可视化图谱，如此一来，过滤器泡沫就变得清晰可见，而一个人从过滤器泡沫中爬出来也变得简单多了，他只需在某些方向做些微调整即可。

理想过滤器的第二点是，我想知道我的朋友喜欢什么，而那又是我现在还不了解的。在某些方面，推特和脸谱网就以这种过滤器的形式服务。通过关注你的朋友，你可以毫不费力地获取你朋友的状态更新，而那通常就是他们认为酷炫到足以分享的事情。借助手机里的文本或照片，可以十分简单地发出自己的推荐，因此如果有人发现了什么新鲜事物却不分享，我们会感到很吃惊。但如果朋友与你太像，他们也会诱发过滤器泡沫。亲密的朋友会营造出一个回音室，将相同选

择的影响放大。有研究表明，再跳入到下一个圈子，即朋友的朋友中，往往就足以将选择的范围扩大到我们预料之外的地方。

理想过滤器的第三点是，它将是一种会向我建议某些我现在不喜欢但想尝试着喜欢的东西的信息流。这有点类似于我有时会尝试最不喜欢吃的奶酪或蔬菜，仅仅为了看下自己的口味是否已经改变。我十分确信自己不喜欢歌剧，但去年我又尝试了一次，那是在一个电影院里看一个歌剧的远程实况转播——在纽约大都会艺术博物馆（the Met）上演的《卡门》，对白以文字的形式显眼地投放在大屏幕上，最后，我很庆幸自己去了。专门用于探测一个人不喜欢什么的过滤器必须设计得十分巧妙，但依然还是可以借助大型协同数据库的力量，而这些数据库就是本着“不喜欢这些东西的人，会尝试着喜欢这个”的原则设立的。以类似的方式，我有时也想要点儿我不喜欢却又是应该学习的东西。于我而言，可能就是与营养补充品、政治立法细节或者嘻哈音乐有关的一些东西。伟大的老师总会有些小窍门，使得他们可以将令人讨厌的知识以一种不把人吓退的方式打包传达给不情愿的学生；伟大的过滤器也能做到这一点。但任何人都会注册申请这样一个过滤器么？

现在，没有人会注册申请任何类似的过滤器，因为这些过滤器已经内置到各个平台里了。脸谱网上每个用户平均有200个关注的朋友，而这些朋友会发布状态，更新的大量信息流，以至于脸谱网认为这些信息需要进行剪辑、编辑、收藏，并且将你收到的信息进行过滤，达到一个更加容易管理的状态。你并不会看到你的朋友发布出的所有信息。哪一个已经被筛掉了呢？根据什么标准呢？只有脸谱网自己知道，而且他们将这个算法视为商业机密。至于他们优化的目的是什么，则没有人知道，甚至也没有与用户进行过交流。他们说是要提升用户的满意度，但还有一个更为合理的意图猜测，即他们之所以过滤你的信息流，是为了优化你花在脸谱网上的时间——相比你的幸福

感，这是一个更容易测量的事情。但这可能又不是你希望脸谱网所优化的。

亚马逊会使用过滤器来优化销售方式以便实现销售额最大化，而且过滤的内容包括你在网页上看到的所有内容。不仅是对推荐什么商品进行过滤，对于网页上出现的其他素材也会进行过滤，比如特价商品、提供商、商品信息、用户反馈。同脸谱网一样，亚马逊在一天的时间里也会进行数千个实验，将他们的过滤器进行调整以比较两件商品的销售数据，尝试根据数百万消费者的实际使用反馈将网页内容进行个性化定制。他们轻微改动、细微调整，而在如此大的一个范围内开展实验（同一时间有着**10万人**的数据样本），使得他们的结果变得极其实用。在亚马逊这一过滤系统下，我成了它的回头客。因为亚马逊在尝试着优化的东西与我的目标类似——以优惠的价格获得我喜欢的东西。两者的战线并不会总是一致，但当一致的时候，我们就会购物。

谷歌是世界上最主要的过滤器，它会对你看到的搜索结果进行各种复杂的判断。除了对网页进行过滤，他们一天内还要对**350亿**封电子邮件进行处理，有效地将垃圾邮件过滤掉，并为邮件分配标签和优先级。谷歌是世界上最大的协同过滤器，它有着数千个独立的动态“筛子”（**sieve**）。如果选择加入他们的服务体系，他们会为你提供个性化的搜索结果，并根据你提问时的地点为你定制搜索结果。他们利用的是已经被证明行之有效的协同过滤规则，即人们在发现一个有价值的答案的同时，也会发现下一个答案同样不错（虽然他们不会这样标记它）。谷歌每分钟都会对网络上**60万亿**个网页的内容过滤**200万次**，但我们通常不会询问他们是如何做推荐的。当我发起一次查询时，他们是应该给我展示最流行的选项，还是最可靠的选项或最独特的选项，又或者是最可能让我满意的选项？我不知道。我对自己说，我可能会希望将选项按照四种不同的方式都排列来看一看，但谷歌知道我可能做的只是看头几个答案，然后点选。所以他们说，这就是我们认为最

好的头几个，依据的是我们通过每天30亿次的在线回答总结出的深度经验。所以，我点击了。他们在尝试将机率最优化，那个机率就是 I 再次回来向他们提问的可能性。

随着它们的成熟，过滤系统将会延伸到媒体以外的其他去中心化的系统中，比如优步和Airbnb。当你在预订住处的时候，你对于风格、价位和服务的个人偏好可以很简单地传达到另一个系统，使得你可以在威尼斯匹配到最合适的房间以提升你对服务的满意度。更深层的智能化意味着异乎寻常聪明的过滤器可以应用到任意一个需要进行大量选择的领域——这将涉及到众多领域。而在任何一个我们想要个性化定制的领域，过滤器服务都将会出现。

20年前，一些权威专家就期盼着大规模个性化定制能立即出现。在1992年约瑟夫·佩恩（Joseph Pine）写作的《大规模定制》（*Mass Customization*）一书中，这类计划就已经开始展露端倪。曾经专供权贵的定制产品借助合理的技术进而推广到中产阶级，这一点看似合情合理。例如，一个由数字扫描和柔性生产 [2] 构成的精妙系统可以为中产阶级提供个人定做的衬衫，而不仅仅是只为上流人士提供此类定制产品。20世纪90年代末期，一些创业公司尝试针对牛仔裤、衬衫、洋娃娃开展“大规模定制”，但这些尝试并没有能够推广开来。制约其发展的主要障碍在于，除去那些不重要的方面（比如颜色的选择或者长度的选择），想要在不将产品价格提升到奢侈水平的同时，还要获得或生产具有明显独特性的产品是非常困难的。当时的美好愿景远远超出了当时的科技水平。但现在科技水平已经迎头赶上。最新一代的机器人可以担负灵活制造的任务，而先进的3D打印机也可以快速打印出多套产品。无所不在的信息追踪、信息交互和信息过滤意味着我们可以以优惠的价格将我们自身多个方面的信息整合成用户档案，这一档案可以引导开展任何我们想要的定制服务。在数字前沿，谷歌已经提供大规模定制。未来的30年中，我们在教育、运输、医疗和零售领域都能看到大规模定制的出现。

下面这幅图景便展示出这一力量将带领我们走向何处。在不久的将来，我的一天将会以这种常规方式进行：在我的厨房里有药丸制造机，比烤面包机小一点儿。它里面存放着几十个小瓶子，每个瓶子里面都以粉末形式储存一种处方药或营养成分。每天这个机器会把所有的粉末以合适的剂量进行混合，然后填充到一个（或两个）定制药丸里，供我服用。在这一天里，我身体里的重要器官都会受到可穿戴设备的传感器追踪，以便每个小时都对药物的效果进行测量，并将结果发送到云端进行分析。第二天的药物剂量会根据前一天24小时的结果进行调整，并生产出一个新的定制药丸。这一过程在随后的每天都会重复。已经有几百万台这样的装置被制作出来，并生产出大量的个人化药物。

我的个人化身储存在网络上，每个零售商都可以获取它的信息。它储存着我身体每个部分、每个曲线的准确测量数据。即使我要去一家实体零售店，在去之前也仍然会在家中一个虚拟试衣间里尝试每个商品，这是因为商店里只有商品最基本款的颜色和设计。借助虚拟镜子，我可以在查看衣服穿在我身上的效果时看到逼真程度令人惊奇的真实写照；实际上，由于我可以转动穿着衣服的虚拟化身，其效果要比试衣间里的镜子更有说服力。（它可以更好地预测新衣服穿在身上的舒适度。）我的衣服会根据我的化身提供的具体参数（随时间变化而修正）进行定制。我的服装服务会产生一些新风格的变式，而这些改变依据的是我过去的穿着，我花最多时间凝视过的衣服，或者是最亲密的朋友已经穿过的衣服。这些都是过滤后的风格。几年以来，我已经培养出一个完全贴合我行为的档案，使得我可以在任何我想做的事情上应用它。

我的档案跟我的化身一样，都由“Universal You”<sup>[3]</sup>管理。这个档案知道我在度假旅行时喜欢预定便宜的旅社，但又要有私人浴室和最大的网络带宽，而且永远都要在城镇中最老旧的地区，否则就要紧靠公交车站。它还会与一个人工智能系统配合，为我安排行程，预计最

佳的货币兑换汇率。它远非仅仅是一个储存信息的档案，更是一个不停运作的过滤器，会不断地根据我已经去过的地方、我过去旅行中发布的快照和推特种类来做出调整适应，它还会对我阅读、看电影时的兴趣点进行权衡比较，因为书籍和电影通常是旅行欲望的一个来源。它还会投入大量的精力分析我最好的朋友与他们朋友的旅行经历，并借助这一巨大的数据库时常向我推荐某些值得拜访的餐厅和旅社。对于它的推荐，我通常比较满意。

因为我的朋友会让“**Universal You**”追踪记录他们的购物、外出就餐、聚会出席、电影观看、新闻浏览、日常锻炼、周末郊游等活动，这样无需朋友们花费多少精力，它就会给我做出十分详细的推荐。当我早上醒来时，**Universal**会对我接收的更新信息流进行过滤，只向我发送那些我早晨喜欢接收的最重要信息。它过滤的依据是我常常转发给他人的信息类型，抑或是书签或者答复。我在橱柜里发现了一种营养丰富的新型谷物食品——因为我的朋友这周在尝试这个，所以**Universal You**昨天为我预定了一份，尝起来还不错。我的汽车服务系统向我通报今天早上哪里出现了交通拥堵，所以它把我的汽车预约时间调晚了一点，而且还尝试另一条非常规线路送我到今天上班的地方，而这个线路是根据较早出门的几个同事提供的路线制定的。我一直不能确切知道我的办公室会在哪里，因为我们创业公司的会面地点取决于当天可用的合伙办公地点在哪里。我的个人设备会将办公地的屏幕转换成我使用的屏幕。这一天我的工作是对几个人工智能系统进行校正，这些系统的工作是将医生、治疗方式与客户进行匹配。我的工作则是帮这些系统理解一些特殊情况（比如有些人倾向信仰疗法），以便提升人工智能诊断和推荐的有效性。

当我到家后，我特别期望看到阿尔伯特为我准备的一系列有趣的3D视频和趣味游戏。阿尔伯特，这是我为**Universal**中我的化身取的名字，它负责为我过滤媒体信息。阿尔伯特总能为我提供最酷的东西，因为我已经把它培训的很好了。自从高中起，我每天至少花10分钟来

校正他的选择，并添加一些难以言明的影响来精细地调整这一过滤系统，所以在所有的新型人工智能算法和朋友的朋友的评分中，我找到了最喜欢的频道。有很多人在追随着阿尔伯特的选择进行日常活动。我处在虚拟世界过滤器排行榜的前几名。我的过滤方式非常流行，以至于我能还从Universal中得到一些金钱回报——起码够我支付我在其中的所有订阅服务费用。

就如何过滤和该过滤什么而言，我们还处在初级阶段。未来的发展空间要比单纯地“我们过滤和我们被过滤”要广阔得多。这些强大的计算技术可以并且也将运用到万物联网的各个领域。即使是最不重要的产品或服务，只要我们想（但有时我们并不想），都可以进行个性化定制。在未来的30年，整个云端都会被过滤，以便提升个性化的程度。

每个过滤器都会过滤掉一些好的东西。审查也是一种过滤。政府可以通过植入国家层面的过滤器来移除不希望出现的政治观点，并严禁相关言论。就像脸谱网或者谷歌，他们基本上不会揭露他们过滤掉了什么。然与社交媒体不同，公民们并没有可供选择进入的替代路径。即使最初出于善意设计的过滤系统，我们也只能看到那可供浏览的宏大世界中的一小部分。这就是“后稀缺”（post-scarcity）世界的诅咒：我们只能与宏大世界中的一小部分建立连接。每天那些友好的制造技术——3D打印、手机App和云服务，都在充满可能性的世界拓展出新的方向。所以，每天我们都需要借助更为扩大的过滤器将丰富的信息以适合人类的尺度进行过滤后再获取。过滤器发挥的作用是不可或缺的。一个过滤器的不足不能通过将过滤器移除来弥补，而只能通过施加其上的互补性过滤器来修正。

从人类视角看，一个过滤器关注的是内容。但如果反过来，从内容的视角看，一个过滤器关注的是人类的注意力。内容扩张得越多，就需要更多的注意力聚焦。早在1971年，赫伯特·西蒙（Herbert



Simon) 这位获得过诺贝尔奖的社会科学家就总结出这样的观点：“在一个信息丰富的世界，大量的信息内容意味着某种东西的缺乏：无论它是什么，肯定是因信息消耗引起的缺乏。而大量的信息消耗的是什么，这是显而易见的：它消耗的是信息接收者的注意力。因此信息的丰富促成了注意力的缺乏。”西蒙的这一见解通常被简化为：“在信息丰富的世界里，唯一稀缺的资源就是人类的注意力。”

我们的注意力是唯一有价值的资源，是我们每个人无需训练就能产出的资源。它的供应是短缺的，每个人都想多要一些。你可以完全停止睡眠，但你每天仍然只是有24小时的潜在注意力，而且绝对不存在任何东西——无论是金钱还是技术——能增加它的总量。潜在注意力的最大值是已经固定了的。它的产出是既定有限的，然而除此以外的其他东西都在变得越来越丰富。既然它是最后的稀缺资源，那么注意力流向哪里，金钱就跟到哪里。

尽管它是那么珍贵，我们的注意力却又相当廉价。因为从程度上讲，我们每天不得不把它花掉。我们无法节省它，也无法将其贮存起来。我们不得不一秒一秒地把它交出，一刻不得停歇。

在美国，电视仍然占据了人们大部分的注意力，其次是广播，再其次是网络。这三者占据了我们的注意力的绝大部分，而其他东西——书籍、报纸、杂志、音乐、家庭录像、游戏等，只占据了我们的全部注意力中的一小部分碎片。

然而，并不是所有的注意力都是等价的。在广告行业，注意力的质量通常以一个名为CPM (Cost Per Thousand, M为Thousand的拉丁语标示，即每千人成本) 的指标来反映，这代表一千个人的浏览，或者是一千个读者、一千个听众。各种媒体平台的平均CPM估计值有着广泛的差异。廉价的户外宣传栏CPM的平均成本为3.5美元，电视是7美元，杂志为14美元，报纸为32.5美元。



还有另一种方式可以计算出我们注意力的价值是多少。当我将每个主流媒体行业内的年度收入进行逐个结算求和后，便计算出每个行业每小时的注意力能产生多少收益（单位为“美元每小时”），结果令我震惊。

首先，这些结果的数值相当小。就企业挣得的美元与消费者花费的每小时注意力的比值而言，注意力对于媒体行业而言并没有多少价值。每年有将近5000亿个小时投入到电视节目中（这还只是美国的数据），然而对于看电视节目的所有人而言，平均来看每小时只产生了20美分的收益！如果你被以这个价格雇佣来看电视节目，你的收入只能算是第三世界国家的小时工资水平，基本上与被雇佣做苦力的人差不多。看电视节目是个苦力活。报纸占据了我们的注意力中更小的一部分，但就所花的时间而言却产出了更多的每小时收益，大约是93美分每小时。相对而言，互联网有着更高的收益回报，每年都在提升注意力的质量，平均来看每小时注意力产生3.6美元的收益。

无论是我们为电视节目公司“挣得”的那可怜的价值20美分的每小时注意力，还是稍微高级一点的报刊上价值1美元的一小时注意力，都反映出了我称之为“商品注意力”的价值。就那些易于复制、易于传播、几乎无处不在，并且无时不在的日用商品而言，我们花在上面的注意力基本没什么价值可言。当我们考察我们为商品内容——所有的内容都是易于复制的，比如书籍、电影、音乐、新闻，等等——所不得不支出的费用时，这个比率是相对较高的，但这仍然不能反映出我们先前总结的观点，即我们的注意力是最后的稀缺资源。以一本书为例，精装图书需要花4.3小时读完，23美元购买。因此，消费者在阅读时平均的花费为5.34美元每小时。一张音乐CD通常会被听很多次，所以需将它的零售价格除以总共的聆听时间才能获得它的每小时费用。电影院中一部两小时的电影只能看一次，所以它的每小时费用就是票价的一半。这些比率可以视作一面镜子，借此反映出我们作为观众时，对我们的注意力赋予多少的价值。

1995年，我计算了各种媒体平台的每小时平均费用，包括音乐、书籍、报纸、电影以及正在热销的新产品——虚拟现实座驾（一种虚拟现实的体验）。不同媒体之间有着差异，但价格基本处于同一个数量级上。引人注目的一点是，各个媒体的价格基本围绕着相对平均的2美元每小时波动。也就是说平均来看，在1995年我们倾向于每小时支出2美元花在媒体使用上。

在15年之后的2010年以及2015年，我都再次用相同的方法对与之前类似的一组媒体行业的价值进行了计算。当我根据通货膨胀进行调整并换算成2015年美元的价值后，平均值分别是3.08美元、2.69美元、3.37美元。这意味着20年来，我们注意力的价值是相当稳定的。这样看来，我们似乎对某种媒体“值得”花费多少金钱有种直观的感觉，而且我们付出的成本不会有太多偏差。这还意味着，依靠我们的注意力赚钱的企业（比如那些引入瞩目的科技公司）也只是平均每小时获取3美元的收益——如果他们包含高质量内容的话。

数万亿小时的对于商品的低级注意力推动了我们经济的绝大部分，以及互联网经济的一多半。单纯的一小时并没有多少价值，但汇聚成整体后的力量则能够以排山倒海之势创造奇迹。对于商品的注意力就像一阵风，或是一波海浪，它是必须借助大型设备才能俘获利用的一种不均匀的力量。

谷歌、脸谱网的光芒夺目，以及其他网络平台的空前繁荣，都源于它们有着大量的基础设施负责过滤这些对于商品的注意力。平台利用强大的计算能力将不断扩张的广告商们与不断增长的消费者群体进行匹配。它们的人工智能系统会寻求在最理想的位置、最理想的时间播放最理想的广告，并且以最理想的方式、最理想的频率做出反馈。虽然有时这也被称为个性化定制广告，但事实上其过程远比仅仅将广告推送给个人更为复杂。这象征着一种过滤性的生态系统，除了做广告，还会收集结果反馈。

任何人只需填写一份网上表格，就可以注册为谷歌的广告供应商。（大多数广告只是文本形式，类似一种分类广告。）这意味着潜在的广告商数量可能有数十亿。你可以成为一个小商人，向素食主义的背包客推销一本烹饪书，或者推销你发明的一款新式棒球手套。在这个供应链的另一端，任何人无论出于什么目的运行着一个网页，都可以在其上面刊登广告，而且还可能从广告中获取收益。这样的网页既可以是一个私人博客，也可以是一个公司的网站主页。近8年来，我都在自己的私人博客上投放谷歌AdSense [4] 广告。每个月我都能通过投放这些广告获得100美元报酬，这点报酬对于数十亿美元的企业而言微不足道，而且这种小规模的信息处理无需谷歌操心，因为这基本是全自动化的。AdSense欢迎所有人加入，无论其规模有多小，所以一个广告潜在的投放位置有数十亿个。为了测试配对这数十亿种可能性——有数百万人想要发广告，也有数百万人愿意接收广告，需要进行求解运算的次数会达到天文数量。另外，最佳的安排还会随着每天中不同的时间或不同的地理位置而进行变化，所以谷歌（也包括其他搜索引擎公司，如微软和雅虎）有着大量的云计算机负责对这些信息进行分类。

为了实现广告商与阅读者的匹配，一天中的24小时里谷歌的计算机都不停地在网络上漫游，并收集网络上数十亿网页中每个网页上所有的内容，最终将这些信息储存到它巨大的数据库中。这就是谷歌可以在无论你何时向它发问，它都立即给你答案的原理。它已经把网络中每个单词、每个词语，以及每个事实的位置都建立了索引。所以当有一个网页拥有者想要在他的博客网页上插播一小条相关广告时，谷歌会从数据库中调出记录以查明这个网页上都出现过哪些内容，然后利用它的超级大脑去寻找一批人——几乎同时，他们想要投放与网页内容相关的广告。当匹配成功后，网页上的广告就会出现在网页的可编辑内容区里。假设这样的网站归属于一个小镇棒球队，那么一个创新型棒球手套的广告将会尤其符合网站的整体内容。相比投放一条浮

潜工具广告，这个棒球手套广告更有可能获得读者的点击。所以，谷歌根据网站内容的前后关系，将会在棒球队网站上插播棒球手套广告。

但这只是复杂配对的开始，因为谷歌会尝试进行三方符合的匹配。理想情况下，广告不仅匹配网页中的前后内容，还要符合网页访问者的兴趣。如果你访问一个综合性新闻网站，比如CNN（美国有线电视新闻网），而它知道你在为一个棒球队效力，那么你就可能看到更多的运动装备广告，而非家具广告。它是如何对你有所了解的？大多数人都不知道的一点是，当你访问一个网站时，你是随身携带着一些无形的符号一起到来的，这些符号会表明你刚刚从哪里出来。这些符号（技术名称为cookie）不仅可以被你刚刚开始访问的网站所读取，还能被一些大的平台读取，比如谷歌，这些平台的触角已经遍及整个网络。因为几乎每个商业性网站都使用谷歌的产品，那么谷歌就可以在你访问一个又一个网页时追踪你的路径，这一过程贯穿整个网络。当然，如果你在谷歌上查询过什么信息，它也可以同样地由此信息来追踪你。虽然谷歌还不知道你的姓名、地址，或者电子邮件（就目前而言），但它确实记住了你的网络行为。所以在你抵达一个新闻网站之前，如果访问过一个棒球队网页，或者搜索了“棒球手套”，它就会做出一些假设。它利用这些假设，并将假设添加到计算公式里，以便算出在你刚刚抵达的网页上应该插播哪种类型的广告。这看起来很像魔法，但你今天在网站上看到的广告在你抵达那里之前都是还没有添加上的。因而谷歌和新闻网站将会快速挑选你看到的广告，以保证你看到一个与我看到的完全不同的广告。如果整个过滤器生态系统正常运作，那么你看到的广告将会反映出你最近的网络浏览历史，而且会更符合你的兴趣。

但是等一下，还有更多的呢！谷歌自身在这样一个多边市场里成为了第四方。除了满足广告商、网页发布者、读者，谷歌也要尝试将他们的自身利益最大化。对广告商而言，有些观众的注意力要比其他

人更有价值。健康类相关网站的读者就是更有价值的，因为他们可能会在很长一段时期里花费大量的钱财用于药物和治疗，而一个徒步俱乐部论坛的读者只会偶尔买些鞋子。所以每个广告的位置摆放后面都隐含着一个极为复杂的拍卖过程，即将关键词的价值（“哮喘”的价格要比“散步”的价格多很多）与广告商愿意支付的费用，以及读者真正点击广告的表现水平进行联合匹配。如果有人点击了广告，那么广告商会向网页所有人（还包括谷歌）支付几美分的报酬，所以算法会尝试将广告位置、被点击的比率、支出费用进行最优化调节。获得12次点击的一条5美分的棒球手套广告要比只获得1次点击的一条65美分的哮喘呼吸器广告更有价值。但是如果第二天，棒球队博客上贴出了一个关于今年春天有大量花粉飘散的警告，那么在棒球队博客上插播呼吸器的广告价格就会突然涨到85美分。为了在一小时里设定最佳的广告安排，谷歌可能要同时处理数十亿个因素，并且要实时处理。当每件事都以这种流动的四方匹配形式运作时，谷歌的收入也达到最大化。在2014年，谷歌总收入中的21%，或者说140亿美元，是来源于这种相关广告系统的。

不同类型的注意力相互作用，形成了一个十分复杂的生态系统，而这一生态系统在2000年之前是难以想象出来的。用于追踪、分类并过滤每个维度信息的智能化程度和计算能力已经超出了应用范围。但随着追踪、知化、过滤构成的系统不断发展，有越来越多可行的方式可以用来分配注意力——包括支出和接收。这样一个时期类似于寒武纪的生物进化时期，当时出现了大量多细胞形式的生命。在一个很短的时期（就地质角度而言），生命出现了一些从未有过、从未尝试的可能形式。那个时期突然出现了大量新的——有时是略显奇怪的——生命组织形式，以至于我们将那一时期的生物创新称为“寒武纪生命大爆发”（Cambrian Explosion）。随着各种新奇古怪类型的注意力、过滤器在进行各种尝试，现在我们的注意力科技也处在类似“寒武纪大爆发”的一个变革窗口期，例如，如果广告业像其他商业领域一样推进去

中心化这一趋势会怎样呢？如果由消费者创造广告、投放广告、支付广告费用，会怎样呢？

下面让我们以一种方法来思考下这种新奇的安排方式。每个依靠广告维持的企业——现在大多数互联网企业都属于此行列，都需要说服广告商将其广告专门投放在他们的渠道上。发行商、会议举办方、博客博主或者平台运营者提出的论点通常是，没有人能像他们那样将信息传达给某个特定的客户群体，或者像他们那样与客户群体有着良好关系。广告商握有资金，所以他们会挑剔地选择谁来运营他们的广告。而一个发行商要努力地劝说讨好那最令人喜欢的广告商，发行商没有权利选择运营哪个广告。但广告商，或者他们的代理人是有权选择的。一个充斥着广告的杂志，或是填满商业广告的电视节目还常常认为他们自己是幸运的，因为他们被选中作为运营广告的载体。

但如果任何一个有自己粉丝群体的人可以自主选择他们想要展示的某个广告，无需再申请许可，会是怎样的情景呢？比如你看到了一个关于跑鞋的非常酷的商业广告，而你想将它收录到你的信息渠道，而且像电视台一样为此得到一定报酬。如果任何一个平台都可以仅仅收集那些它们感兴趣的最佳广告，然后通过投放这样的广告而获取利润，而利润多少的参考依据是它们给这个广告带来的观众数量和观众质量，这又是怎样的情景呢？视频、静态图像、音频文件，无论广告的载体形式如何，都可以在其中嵌入代码以追踪广告在哪里播放过、被浏览了多少次，这样无论广告被复制传播了多少次，广告的投放者都能获得报酬。一个广告所能遇到的最好事情就是像病毒一样扩散，在尽可能多的平台上插播并且循环播放。而由于你的网页上的一个广告可以给你带来收入，你将会努力寻找令人印象深刻的广告来投放。设想在Pinterest上有个专门收集广告的板块。收藏夹里的任何一个广告，只要被读者播放或浏览过，都可以为收藏者带来收益。如果操作得当，观众们来到这里可能都不再是为了什么酷炫内容，而只是为了

那酷炫的广告——正如同有几百万人坐在电视前看“超级碗”<sup>[5]</sup>，其中有很大一部分人是去看广告的。

结果就是出现一个平台，它将广告视同内容。编辑会花大量时间搜寻不为人知的、很少有人看过的、吸引眼球的广告，正如同他们会花大量时间寻找新文章一样。然而，广泛流行的广告可能无法像小众广告那样有较高的回报。那些讨厌的广告可能要比搞笑的广告带来更多收益。所以存在一种权衡，是选择看起来很酷但不怎么赚钱的广告，还是平淡无奇但有利润的广告。另外，那些既有趣又有收益的广告很有可能已经有过大量的曝光了，这样既降低了他们的奇酷感，也可能降低了它们的价格。可能会出现一些杂志、出版物、在线网站，它们没有什么内容，有的只是精心编排的广告——那些会带来收益的广告。现在就已经有这样一些网站，它们专门呈现电影预告片或精彩的商业广告，但它们还未因呈现这些材料而从制作人那里获取报酬。但用不了多久，它们终将实现盈利。

这样的安排完全颠覆了业已建立的广告产业利益链条。就像优步和其他去中心化系统一样，这样的改变使得曾经由少量专业人士执行的高度精细化的工作可以对外开放，并且可以在由业余爱好者构成的点对点网络中开展执行。在2016年，广告行业的专业人士中没有人相信这一转变可以发挥作用，甚至但凡有点理性的人都会认为这很疯狂，但对于未来30年的变化，我们有一点是明确的，那就是看似不可能的事情可以由巧妙连接起来的爱好者同盟来完成。

2016年，一些特立独行的新兴公司将尝试打破现行的注意力系统，但在推出一些变革的新模式之前，可能还需要大量尝试。在这一幻想与现实之间阻碍发展的因素就是技术的欠缺，我们需要一种技术来追踪一个复制后的广告得到的浏览次数，并对其得到的关注进行量化，然后将这些数据安全地进行交换，以便确保正确地支付费用。对于谷歌或者脸谱网这样的大型多边平台而言，这是一个复杂的计算过



程。这一过程需要大量的监管，因为由此产生的金钱会吸引骗子和富有创新的垃圾邮件制造者进来作弊。但是一旦这样的系统得以建立并顺利运行，广告商就可以将广告以病毒迅速传播的形式扩散到网络上。你可以找到一个广告，将它嵌入到你的站点里，这样，如果有读者点击它，就会触发一次付款。

这种新体制将广告商置于一个奇特的位置。广告创造者不再有能力控制一个广告投放的地点。这种不确定性需要以某种方式进行代偿，即广告的组成类型。有些广告的设计应旨在快速复制传播，并引发观看者的直接行动（购买）。其他广告则可以设计成纪念碑似的停留在原地，不会移动，并且慢慢塑造品牌影响。理论上讲，一个广告可以当作一个社会评价，那么它就可以像社会评论素材一样处理。并不是所有的广告都会放任自流。有些广告——可能不是很多，可能还是要继续用于传统渠道的直接投放（使得他们不那么流行）。这种系统的成功仅是在传统广告模式上锦上添花，但也要凌驾传统模式之上。

去中心化的潮流席卷了每个角落。如果业余爱好者可以制作广告，那么为什么消费者和粉丝们不也来创造他们自己的广告？科技可能已经足以支持一个点对点的广告创造网络了。

有些公司已经开始尝试使用一些用户创造的广告版本。多力多滋[6]曾经在消费者中公开征集广告短片，用于在2006年的“超级碗”比赛中播放。他们收到了2000个广告短片，并且有至少200万人参与投票选出用于投放的最佳短片。从那时起，他们每年平均会收到5000个用户制作的广告提案。他们会给最佳广告的创作人奖励100万美元，而这要比找人设计专业的广告所支出的费用少得多。在2006年，通用汽车为它的雪佛兰Tahoe这款SUV车征集用户制作的广告，并收集到了21000个提案（另外4000个是抱怨SUV的负面广告）。但这些例子是有局限



的，因为最终投放市场的那条广告必须经过公司领导的审批和再加工，并不是真正的对等网络工作模式。

一个完全去中心化的、对等网络的、用户制作的众筹广告网络将会允许用户创作广告，然后让作为发行方的用户来决定他们想让哪一个广告放置在他们的网站上。那些确实带来点击量的用户制作的广告将会被保留、分享。那些无效的则会被舍弃。用户成为了广告代理人，同时他们也是承包一切事务的人。就像有爱好者将他们的生活写真照片库或是工作片段涂鸦放到eBay上拍卖，那么也必然会有些人依靠大量炮制各种变式广告来谋生，偿还房屋贷款。

我的意思是，你到底想让谁来制作你的广告？你是想雇用昂贵的工作室，让其利用其最佳猜测来构想一个活动方案，还是找1000个富有创造力的孩子，让他们不断调整、测试他们为你产品制作的广告？但如往常一样，大众总是要面临一个两难困境：他们是应该为一个可靠的畅销商品制作广告，并怀着同样的想法去改善另外1000个商品，还是到长尾理论的那一端，去接受一个你自己可能都不完全了解、也不确定是否有效的产品？产品的粉丝会乐于为它创作广告。自然而然地，他们也认为没有人像他们一样了解产品，并且现在的广告（如果有的话）是很差劲的，所以他们很有信心、也很愿意更好地完成这份工作。

期望大公司将他们的广告“撒手不管”，有多大的可能性？没多少可能。大公司是不会率先尝试这种模式的。这需要一些性急的新公司花几年的时间才能搞清楚明确发展方向，因为他们几乎没有多少广告预算，也不怕失去什么，才会敢于尝试。就像相关广告一样，大公司并不是此类业务的主要参与者。所以不如说这种广告领域的新模式是将小人物放大，让他们跻身中间层接触到价值数十亿的商业领域，这是他们从未设想过的，更是从未有机会接触的，进而推动起一场炫酷的广告运动。借助对等网络系统，这些广告将会由热情的（也是贪婪

的) 用户来创造, 然后病毒式地传播到博客荒野里, 在那里通过不断测试、再设计直到有效发挥作用, 一个广告逐渐进化成最佳广告。

通过追踪注意力的替代模式, 我们可以看到注意力还有一些未曾开发的组织形式。艾瑟·戴森 (Esther Dyson) 是一位早期的网络先驱和投资人, 她长期抱怨电子邮件沟通引发的注意力不对称。因为她在互联网管理形式上积极参与, 并且积极投资一些创新的新兴公司, 她的收件箱里充斥着各种她不知道的人发来的邮件。她说: “电子邮件这样的系统, 使得他人可以向我的待办事项中随意添加事件。”现在也是这样, 基本无需花什么费用就可以向其他人的事件列表中添加一封邮件。20年前, 她提出构建一个系统, 使她可以在阅读他人邮件时向发件人索取报酬。邮件发件人需要支付一小笔费用, 而价格是由信息的接收者来制定, 比如艾瑟。收件人可以向某些人收取较少的费用 (25美分), 比如学生, 或者针对公关公司发来的新闻稿收取较多的费用 (2美元)。朋友和家人可能就免收费用, 但来自一个企业家的复杂难懂的邮件可能需要5美元的费用。如果一个邮件被阅读了, 费用也可以以追溯形式免除。当然, 艾瑟作为一个颇受欢迎的投资人, 她的默认过滤值可能会设置的高一些, 比如每封需她阅读的邮件要征收3美元。一个普通人可能无法索取同样的费用, 但任何价格的费用征收都可以充当一个过滤器。更为重要的是, 适当地征收阅读费用也可以作为对接收者的一个提醒, 即发件人认为这个邮件是“重要的”。

收件人即使不像艾瑟那样有名, 也值得为其阅读邮件索取报酬。他们可以是一个小群体的影响者。云端的一个极其强大的应用就在于捋清追随者和被追随者之间繁乱的网络关系。大量的计算识别可以追查清楚每一个影响者与被影响者之间的排列关系。如果一个人可以影响一小部分人, 而这一小部分人还可以影响其他人, 而另一个人能够影响很多人, 但这些人却并不能影响其他人, 这样的两个人的等级排列是不一样的。这里的地位是十分局部化的、具体的。如果一个少女有着众多忠实的朋友追随她的潮流引导, 那么她的影响力等级要比一

个科技公司的CEO高得多。这种关系网络的分析可以深入到第三层和第四层（朋友的朋友的朋友），但同时也伴随着计算复杂性的急剧增长。这种不同复杂程度导出的分数可以根据影响力程度和注意力等级进行分配。一个高分者可以在阅读一封邮件时索取更高的费用，但他也可能选择根据发件人的分数来调整征收的费用——这就使得计算总费用时计算的复杂性和成本支出增加了。

这种直接向他人的注意力支付报酬的原则也可以拓展到广告领域。通常我们免费地将我们的注意力花在广告上。为什么我们不向公司征收观看他们广告的费用呢？就像艾瑟设定的框架一样，不同的人可以根据广告的来源索取不同的费用。而且对于销售商而言，不同的人有着不同的“吸引力价值”。有那么一部分观众有着更大的价值。零售商会考虑一个消费者的开销总寿命期，根据他们的预测，如果一个消费者在其一生中可能在他们的商店里花费10000美元，那么这个人就更值得尽早获得一张200美元的打折券。一个消费者也同样有着影响力总寿命期。他们的影响力会如涟漪般借由其自身的追随者向外传播，传递给追随者的追随者的追随者，诸如此类。那么这个总的影晌程度就会累加计算，并根据他们的寿命期做出一个估计值。对于那些有着较高寿命期等级的吸引眼球的人，公司认为对他们直接进行报酬支付要比把钱给广告商更为划算。公司可以用现金或者贵重物品，又或者高价服务来支付报酬。实际上，这就是奥斯卡颁奖典礼上赠送幸运大礼包的根本目的。

在2015年，被提名者的大礼包里塞满了价值16.8万美元的商品，里面混杂着润唇膏、棒棒糖、旅行枕头这些消费品，以及豪华酒店和旅行的套票。销售商对奥斯卡提名者进行了合理的估算，认为他们是高影响力人群。这些接收礼包的人根本不需要这些东西，但他们很可能会向他们的粉丝唠叨。奥斯卡的事例很显然是个个例。但就小一点的尺度而言，当地小有名气的人也可以显著地获得大量追随者，并获得一个大小可观的影响力总寿命期分值。但直到前不久，想要在亿万

人群中查找出各种小众名人仍然是不大可能的。而今天，过滤技术和共享媒体的发展进步，使得这些内行人士得以被发现，并成批量地发掘出来。与奥斯卡不同，零售商可以把目标集中到一个由小众影响者构成的巨大网络。以前做广告推行产品的公司可以把广告也省去了。他们可以将他们几百万美元的广告预算款项直接打到数万个小众影响者的账户上，用以换取他们的关注。

我们还没有探索过所有交换、管理注意力和影响力的可能方式。一个充满未知的大陆正在开启。一些最有意思的可能模式仍然还未出现。注意力的未来形式将脱胎于对有影响力的数据流的舞蹈式编排，而这种编排是可以追踪、过滤、共享和混合的。为了编排这一注意力的“舞蹈”，所需处理的信息规模也达到了更高级的复杂性。

相比5年前，我们的生活已经变得更为复杂。为了开展我们的工作、有效学习、当好父母，甚至是娱乐，我们都需要花精力处理更多渠道的信息。我们不得不考虑的因素数量、影响因子数、参数个数和可能性数量几乎每年都以指数级增长。因此，我们似乎要永久地处在分离状态，并且在一个个事物间不停辗转，但这并不是一个灾难的信号，而是对当前环境一种必然的适应。谷歌并不会将我们变傻，相反我们需要网上冲浪，需要敏捷反应，需要对下一个新事物保持警惕。我们的大脑还没进化到可以处理这无穷的信息量。这一领域超出了我们的自身能力，所以我们不得不依靠我们的机器来与这么大量的数据进行互动。我们需要一个实时的过滤系统嵌套，以便我们可以处理我们已经创造出的各种新增选项。

现在产品大量过剩，以至于对大量冗余产品进行过滤的需求在持续增加，而导致产品过剩的一个主要因素就是各种廉价物料交互影响。总体来看，随着时间的过去，科技技术基本上向免费方向发展，这就会促使产品大量过剩。乍听之下，很难理解技术为什么会是向免费方向发展。但对于我们制作的大多数东西而言，这就是不争的事

实。随着时间的发展，如果一个技术持续研发应用得足够久，它的费用就会开始向零靠近（但绝不会达到）。在适宜的时间，任何一种技术性应用都好似是免费产品发挥作用。这一趋向免费的趋势对于食品、材料这种基本物品（通常被称为消费品）似乎是适用的，而且对于家用电器这种复杂的产品也是适用的，另外，同样也适用于服务和无形的东西。所有这些物品的费用（就每个固定单位而言）随着时间的流逝在一直下降，自工业革命以来尤其如此。在2002年国际货币基金组织发表的一份报告指出：“在过去的140年里，实体商品的价格呈现出下降趋势，大约是每年下降百分之一。”也就是说在一个半世纪以来，物价都在向零靠近。

这一趋势并不是只存在于电脑芯片和高科技产品领域。几乎是我们在每个行业制造的每件东西，都在沿着同一个经济发展方向前进，那就是每天都变得更加便宜。让我们举个例子，比如铜材料的费用下降。按照时间，将其向零靠近的价格趋势绘制成图。在它的价格继续向零靠近时，这个曲线会遵循一个数学模型。假设这个数学函数保持不变，那么它的价格永远不会达到完全免费的界限。可是，它的价格会稳定地向这个界限靠近后再靠近，进入到无穷无尽的狭窄缝隙里。这种向一个界限不断靠拢但又不会交叉的模式被称为接近渐近线。这里的价格不会为零，但实质上与零无异。通俗来讲，通常理解为“便宜到没法比较”——跟零靠得太近，甚至没法记录变化。

这也产生了一个巨大的问题：在一个充斥廉价品的时代，又有什么是真正有价值的？有些矛盾的是，我们对于商品的注意力并不怎么值钱。我们的猿猴大脑很容易被廉价产品劫持。在资源丰富的社会里仍然稀缺的是那种并非由商品派生或专注于商品的注意力。当所有商品的费用都在向零靠近时，唯一一件还在增加费用支出的事情就是人类的体验——这是无法被复制的。除体验以外的每样东西都在逐渐变得商品化，逐渐变得可以过滤掉。

高档的娱乐方式正在以每年6.5%的速度增长。音乐会门票的平均价格在1981年到2012年增长了近400%，远远超出了同期物价增长的150%。医疗保健的价格也出现了类似的增长，从1982年到2014年增长了400%。在美国，临时保姆的平均价格为15美元每小时，这是最低工资的两倍。在美国的一些大城市，父母们为了找人照顾孩子一晚上花100美元已是再正常不过的事了。针对身体体验进行独家细心照料的私人教练是近来快速发展的职业之一。在救济院，药物和治疗的费用在下降，然而家庭拜访（体验方面）的费用却在增加。婚礼的花费更是没有限制。这些都不是商品，它们都是体验。我们对它们投入了全身心的纯粹的注意力。这些体验是不能复制或者储存的。对于这些体验的创造者而言，我们的注意力是十分有价值的。人们在创造体验和消费体验上都十分擅长，这并不是巧合。就这一点而言，机器人毫无用武之地。如果你想了解当机器人接手了我们现在的工作之后，我们人类会做什么，那就看看这里。我们会将珍贵的、稀缺的注意力投入到体验上。这是我们将会把钱花出去的地方（因为体验不是免费的），也是我们将要挣钱的地方。我们将会利用技术来生产商品，为的是避免我们自己成为一件商品。

还有一件有趣的事情与这一系列用于提升体验并促进个性化的科学技术有关，那就是它们给我们施加了巨大的压力，以促使我们去弄清楚我们是谁。我们很快就要直接地居住在包含万物的图书馆中，周遭围绕着不断变化的事物，那是人类世界所有现存的各种各样的作品，它们都恰恰处在我们伸手可及之处，而且还是免费的。最大的过滤器将准备待命，默默地引导着我们，随时准备为我们的需求服务。过滤器会问，我们想要什么？你可以选择任何东西，你会选择什么？这些过滤器已经监视我们几年之久，它们能预期到我们将会问什么。它们几乎可以迅速地自动完成我们的要求。然而问题在于，我们并不知道我们想要什么。我们对自己并不是很了解。从某种程度上说，我们依赖过滤器来告诉我们自己想要什么。它们并不像是奴隶主，反而更像一面镜子。我们会听取由我们自身行为产生的建议和推荐，这是

为了听一听、看一看我们自己是谁。在互联云里的几百万台服务器上运行着数亿行代码，它们在不停地过滤、过滤、过滤，帮助我们提取自身的独特点，优化我们的个性。人们担心技术会使我们变得越来越一致化、越来越商品化，但这种担心是不正确的。实际上，我们进行的个性化定制越多，对于过滤器而言处理起来越简单，因为我们会变得更为独特，有着一个它们可以处理加工的实质区别。经济依靠区别对待来运行。我们可以利用大量的过滤器，在明确我们是谁的同时，为我们自己进行个性化的定制。

进行更多的过滤是必然的，因为我们在不停地制造新东西。而在我们将要制造的新东西中，首要的一点就是创造新的方式来过滤信息和个性化定制，以突显我们之间的差异。

---

[1] 指主要依靠有高度柔性的以计算机数控机床为主的制造设备来实现多品种、小批量的生产方式。——译者注

[2] 指主要依靠有高度柔性的以计算机数控机床为主的制造设备来实现多品种、小批量的生产方式。——译者注

[3] 根据上下文的意思，Universal指的应该是当事者所处的整个生活环境。而Universal You指的是能在这个环境中进行综合判断的类似当事者化身的角色。——编者注

[4] Adsense是由谷歌公司推出的针对网站主的互联网广告服务，它可以通过程序分析网站的内容，然后投放相关广告。——编者注

[5] 超级碗（Superbowl），指美国橄榄球联盟的年度冠军赛。——译者注

[6] 多力多滋（Doritos），美国著名的玉米片零食。——译者注

## 第8章

# 重混 Remixing

纽约大学经济学家保罗·罗默（Paul Romer）专门研究经济增长理论，他认为真正可持续的经济增长并非源于新资源的发现和利用，而是源于将已有的资源重新安排后使其产生更大的价值。增长来源于重混。圣塔菲研究所的经济学家布莱恩·亚瑟（Brian Arthur）专门研究技术增长的动态过程，他认为“所有的新技术都源自已有技术的组合”。现代技术是早期原始技术经过重新安排和混合而成的合成品。既然我们可以将数百种简单技术与数十万种更为复杂的技术进行组合，那么就会有无数种可能的新技术，而它们都是重混的产物。适用于经济增长和技术增长的事实也适用于媒介增长。我们正处在一个盛产重混产品的时期。创新者将早期简单的媒介形式与后期复杂的媒介形式重新组合，产生出无数种新的媒介形式。新的媒介形式越多，我们就越能将它们重混成更多可能的更新型媒介形式。各种可能的组合以指数级增长，拓宽着文化领域和经济领域。

我们生活在新媒介的黄金时代。在过去的几十年里，诞生出的数百种新的媒介形式，都是由旧的形式重混而来。先前的媒介依然存在，比如，一篇报纸文章或者一段30分钟的电视情景喜剧，又或者一首4分钟长的流行歌曲，而且还广受大众喜爱。但数字技术将这些已有的形式分解成基本元素，使得它们能以新的方式重组。比如，一个网络列表类文章（清单体），或者一个140字的微博。有些重组的形式如今十分畅行，以至于可以被视为一种新的媒介形式。这些新的媒介形式自身将会被重混、分解，并在未来的几十年里重组成数百种其他的新形式。有的已经成为主流：它们吸纳了至少一百万创造者，并有着亿万受众。



例如，在每一本畅销书背后都有着庞大的粉丝团体，他们会沿用自己最喜欢的作者创造的角色，并对虚构世界稍加改动，续写他们自己的篇章。这种充满想象力的延伸式小说被称为同人小说。这种同人小说是非官方的——没有原作者的配合或许可，并且可能混合了不同作品或作者的元素。他们的主要受众是其他狂热的粉丝。一份同人小说档案迄今记录了150万个粉丝作品。

用手机快速记录下来的十分简短（6秒或更短）的视频剪片可以简便地用一款名为Vine的App进行分享和再分享。6秒的时间已经足够讲个笑话或者展现一场灾难，并且让它们呈病毒式传播。这些简明记录的剪片也可以被深度编辑，以获得极致效果。由一系列6秒剪片构成的集锦是一种十分流行的观看模式。2013年，每天都有1200万个Vine剪片发布在推特上，而在2015年，每天的观看次数达到15亿次。在Vine上也有明星，他们有着数百万的粉丝。还有一种更为简短的视频类型。一张动态的GIF图片看起来就像是一张静态图片围绕着一一些小动作，一遍遍地循环播放。循环一次的时间只有一两秒，所以它也可以被视为一种一秒钟的视频。任何姿态动作都可以循环播放。一张GIF图片可能是脸上的一个古怪表情在循环播放，或者是某个电影里的著名场景在无限循环，又或者是某种模式的重复。这种无休止的重复鼓励人们仔细研究里面的内容，直到解读出更高层次的意义。当然，很多网站都在致力于GIF图片的推广。

这些例子只是暗示我们，各种新形式的媒介在未来几十年内会疯狂地爆发式增长。任取一种媒介形式进行大量生产，并将产物进行配对结合或者杂糅搀和，我们就可以看到可能出现的新媒介的早期轮廓。我们用手指就可以将电影中的素材拖拽出来，并重混到我们自己的照片中。在手机上轻敲一下，内置的摄像头就可以捕捉一个场景，并显示出它的相关信息，用作对这张图片的注释。文字、声音、动作，这些东西会继续互相融合。借助即将出现的新工具，我们将可以根据需要创建自己的想象画面。比如，枝叶上闪烁着露珠的宝石绿色

玫瑰静静地躺在一个修长的金色花瓶里，制作一张这种景象的逼真可信的图像将只需几秒钟，甚至可能比我们写下这些文字的过程还要快。而这还只是故事的开始。

数字比特流最为重要的特性是可互换性，这使得不同形式的媒介可以轻易变换形式，产生变革，以及互相融合。快速流动的比特使得一个程序可以模仿其他程序。模仿另一种形式的能力是数字媒介自带的功能。这并不是对多样性的背弃。可供选择的媒介数量将只会增长。各种媒介形式及其子形式的数量会继续爆炸式增长。当然，有些会变得更加流行，而其他的则会衰退，但没有哪种形式会完全消失。一个世纪以后，仍然会有歌剧爱好者，同时会有多达十几亿的电子游戏粉丝以及亿万虚拟现实世界。

在未来的30年里，比特的持续流动将继续占据媒介领域，推动更为广泛的重混。

与此同时，廉价、普遍的创作工具（百万像素的手机摄像头，YouTube Capture，iMovie软件）正迅速地减少着创作动态画面所需的努力，并且颠覆着各种媒介固有的不对称性。例如：读一本书要比写一本书简单得多；听一首歌要比创作一首歌简单得多；观看一场演出要比制作一场演出简单得多。尤其是篇幅较长的传统电影的创作者，更是长期承受着与用户之间投入的不对称。创作者需要小心翼翼地用化学药水处理电影胶片，并拼接成一部完整的电影，整个过程中需要大量人员密切协作，说明看电影比制作电影简单得多。一部好莱坞大片需要耗费多达一百万的工时，但消费它只要花两小时。专家们自信地宣称，观众绝不会从被动接受投向主动创作，但令他们彻底困惑的是，近几年来有数千万人花费了无数小时制作他们自己设计的电影。他们拥有数十亿潜在的观众群，并且可以选择创作多种不同类型的影片。借助新型的消费者工具，社区培训，同伴鼓励，以及极其智能的软件，现在制作视频的便利程度与写作差不多。

当然，这并不是好莱坞制作电影的方式。一部大片相当于一件用户定制的巨型产品。就像是东北虎一样，它需要我们的关注，但同样十分稀有。每年，北美洲会展映600部电影，或者说1200小时的动态影像。相比现今每年生产出的亿万小时动态影像，1200小时所占的比例极其微小，几乎就是一个无关紧要的舍入误差。

我们通常以老虎来指代动物王国，但事实上，蚱蜢才是真正具有代表意义的动物。细致手工打磨的好莱坞电影就像是稀有的老虎，它并不会离开人们的视野，但如果我们想了解电影未来的发展，就需要研究在我们视野下方成群聚集的小生物——YouTube、独立电影、电视剧、纪录片，以及如昆虫般体积小巧的超短剪片和混搭短片，而不能仅仅关注处在顶点的老虎。YouTube上的视频一个月内的观看数量达120亿次以上。其中最流行的视频《江南style》，累计被观看了24亿次，远超任何一部大片。每天，上亿部拥有少量观众的视频短片被分享到网络上。如果仅就发行数量和这些视频获得的关注总量做评判的话，现在这些视频短片就是我们文化的中心。它们的制作工艺水平有着广泛的差异。有些短片的制作水平丝毫不逊于好莱坞电影，但大多数还是些小孩在他们的卧室里用手机拍摄的。如果说好莱坞是金字塔的顶点，那么底层才是滋生各种行动的地方，是开启动态影像未来的地方。

非好莱坞产品中的绝大多数是依靠重混制作的，因为重混的方式相较创造更简单。爱好者从网上寻找电影原声，或者自己在卧室里录制，然后将电影中的场景进行剪切或重组，键入文字，之后便展现出一个新的故事或者新的观点。其中，对广告的重混剪辑十分泛滥。针对于特定的媒体形式，爱好者通常会遵守一套固定的模式。

例如，重混电影预告片。电影预告片本身就是一种新近的艺术形式。因其本身的简洁和紧凑的叙事结构，电影预告片可以被方便地重新剪辑成另一个版本的故事——例如制作某虚构影片的预告片。一个

不知名的爱好者可能会将一个喜剧剪辑成一个恐怖短片，或者相反。将预告片的声轨进行重混是混搭这些电影短片的常见方式。有些粉丝会创作音乐短片，他们将一首流行歌曲的声轨与剪辑好的小众邪典热门电影片段进行匹配并混缩。或者他们先剪辑出喜爱的电影或电影明星的场景片段，然后将其混搭进一首不太相关的歌曲。这些成了幻想世界的音乐短片。流行乐队的骨灰级粉丝会将他们喜欢的歌曲加在视频中，并赫然添加上大号字体的歌词。最后，这些歌词版视频变得十分流行，以至于一些乐队开始发布带有歌词的官方版MV。这些歌词在视频上浮动，并与声音同步，可以算是文字和图像的真正重混和结合——你可以“读”视频、“看”音乐。

视频的重混甚至可以发展成一种集体活动。全世界数十万（当然是在网上见面）的狂热动漫迷会将日本动画片进行重混。他们将动画片剪辑成细小的片段，有些片段只有几帧画面，然后利用视频编辑软件把这些片段进行重新编排，添加上新的声轨和音乐，通常再配上英语对白。这样的处理过程可能要比绘制原版动画所需的工作量更大，但比30年前创作一个简单短片所需的工作量少得多。新的动画视频会讲述一个完全不同的新故事。在这种亚文化中，真正的成就在于赢得“铁人编辑”（Iron Editor）挑战。与电视节目“铁人料理”（Iron Chef）这一烹饪比赛类似，“铁人编辑”竞赛者必须在观众面前互相竞争，当场进行视频的实时重混以彰显他们超强的视觉素养。最好的编辑重混视频的速度和打字一样快。

事实上，混搭的习惯正是借鉴自文字的交流表达。你在一页文章上进行词汇的剪切和粘贴。你会逐字逐句地引用一个专家说过的话。你将一种巧妙的表达方式转述。你在一些地方增加了些细节描述。你从一部作品中借鉴文章架构用于自己的创作。你将画面当作词句一样移动。你获得了一种新的视觉化语言。

过去是一股数据流，它被剪辑和重新编排成新的混搭事物。屏幕则永远面向新的事物，面向未来。

数字科技也为资深的电影从业人员提供了一种新的语言。一个图像会储存在一个记忆磁盘上而非赛璐璐制作的电影胶片上，由此带来的流动性使得这个图像可以像词汇一样被灵活运用，而非像照片一样被定格。像乔治·卢卡斯这样的好莱坞怪杰早早地就拥抱了数字技术（卢卡斯创立了皮克斯公司），并率先使用一种更为流畅的方式进行电影拍摄。在他的《星球大战》系列电影中，卢卡斯开创了一种新的电影拍摄方法，它与图书、绘画的创作有着更多的相似之处，而与传统电影拍摄手法则相去较远。

在传统的电影拍摄手法中，影片的拍摄计划依据场景制定，所有场景都会被拍摄（通常不止一次），通过重复大量使用这些场景，最终组合成一部电影。有时，如果可供使用的胶片不能很好地阐述故事，那么导演必须返回影棚，补拍一些镜头。然而，借助数字技术带来的新屏幕流动性，一个电影场景具有更大的可塑性：就像作者笔下的一个段落可以被反复修改。无需再去捕捉场景（就像是照相取景），而是逐步地叠加场景，就像绘画一样。只需向一个大致的动作框架上添加一层层的视觉、听觉细节素材，混合出的效果就可以不断变化，并且可以一直再进行修改。乔治·卢卡斯拍摄的《星球大战》系列电影中的最后一部就是以这种与作者创作类似的方式进行层层效果添加的。他在绿幕房间里拍摄了演员的动作，即“两名绝地武士挥舞长剑碰撞——没有背景”，然后在这个框架上铺垫上一个热闹集市的复杂场景，同时还有一些细小的视觉素材。光剑的效果和其他效果则是后期以数字形式一层一层绘制上去的。以这种方式，逼真的雨水、火焰和烟雾可以一层层地添加到一个粗略的框架上。这一过程的便利简洁就像是卢卡斯在写剧本时可能会写上一句“这是一个风雨交加的黑夜”。最终，电影中的每个画面几乎都以这种方式进行过修改。本质上，一部数字电影就是这样一个像素一个像素地“写”出来的。

2008年上映的电影《极速赛车手》（*Speed Racer*）是改编自原版动画的真人电影。这部电影虽然不是什么票房佳作，却将这种电影制作手法推进了一大步。电影中层叠出现的郊区场景就是借用一个数据库中的现有视觉素材创建的，利用这些素材分别组成场景的后景、中景，以及前景。粉色的花来源于一张照片；一辆自行车则取自另一个素材库；一个普通的屋顶又是取材于另外的一个素材库。计算机负责其中最困难的工作，即无论这些素材是多么细小或不完整，甚至发生位移，计算机都要保持它们正确的透视关系和位置关系。这种手法应用的结果就是一部电影完全可以由一百万个已有的图像组合而成。在大多数电影中，这些素材片段是针对相应的项目进行专门手绘的，但就像《极速赛车手》中的情形一样，人们会在各种地方发现越来越多的这种素材，并将它们重混，制作电影的最终剪辑。

受到图像创作领域伟大的蜂巢思维影响，类似的变化也发生在静态摄影领域。每分钟都有数千个摄影师将他们的最新照片上传到网站和App，比如Instagram, Snapchat, WhatsApp, Flickr和脸谱网。目前至少有1.5万亿张照片被发布出来，几乎涵盖了你能想到的任何一种事物；至少我目前提出的每个找图请求都能在这些站点里得到满意答复。比如，Flickr单单金门大桥的图片就有不下50万张。金门大桥的每一种可能的拍摄角度、光线条件、拍摄视角都已经有了照片拍摄并发布到网上。如果你想在你的视频或电影中使用这座大桥的一个图像，实在没有理由亲自去拍摄一张这座大桥的照片。这一步已经完成了，你只需要轻松地找到它。

同样的进步也发生在3D模型领域。在SketchUp这个软件生成的3D模型数据库里，你可以找到世界上大多数重要建筑物对应的细节极其详尽的三维虚拟模型。想要纽约的一条街道吗？这里有一个可以用于拍电影的虚拟场景。需要虚拟的金门大桥吗？这里有超级详细的模型，细到可以看见每一个铆钉。借助强大的搜索工具和参数说明工具，世界上任何一座桥梁的高清影像都可以传输到这个通用视觉材料

词典，便于反复使用。有了这些现成的“词组”，我们可以利用随手可得的片段或虚拟场景来组合或拼凑一部电影。媒介理论家列夫·曼诺维奇（Len Manovich）将这称为“数据库电影”。这些基础成分图像的数据库为动态影像的创作提供了一种全新的语法体系。

毕竟，这就是作者们的工作方式。我们沉浸在一个由已有词汇构成的有限数据库中，也就是词典里，然后将这些发掘的词汇以前所未见的方式组合成文章，小说和诗歌。创作的乐趣就是重组这些词汇。作者被人强迫发明新的词汇的确少见。即使是最伟大的作者在进行魔法般的创作时，也主要是重混先人已经用过，通常是普遍使用的词汇。我们对词汇所做的这些事情很快将会应用在图像上。

对于使用这种新电影语言的导演而言，即使是最逼真的场景也是可以逐帧地进行调整、重制和改写。电影拍摄因此得以从摄影术的束缚中解脱出来。我们摆脱了那令人苦恼的拍摄方法——用昂贵的电影胶片捕捉记录现实，然后凭借所得到的素材创造你的幻想。这样的现实，或者幻想通过一个个像素累积起来，就好比一位作家用一个个词汇写就一部小说。摄影可以很好地展现世界的原本模样，但这种新兴的屏幕显示方式，就像写作和绘画一样，旨在探索世界可能会变成什么样。

然而，仅仅能够方便地制作电影是不够的，就像古登堡发明的印刷术 [1] 让生产图书变得简单，却并没有完全释放文字的魅力。想要实现真正的文字通达还需要一系列的创新和技术，使得普通读者和作者也能以实现文字价值的方式运用文字。例如，引用符号可以简单明了地標示出一个作者的文章中哪些文字是从另一位作者那里借用的。而我们在电影领域还没有类似的标识符号。一旦得到一份有大量文字的文档，你需要一个目录帮你找到相应内容，当然还需要页码。这些工具是人们在13世纪时发明的。那么在视频领域有对应的工具么？长篇的文字需要一个字母索引，而字母索引是由希腊人发明的，后来

为了图书馆图书的管理又得到进一步发展。不久以后，借助人工智能，我们将会有办法索引关联一部电影的全部内容。大约12世纪时发明的脚注，使得我们可以将与主题不太相关的说明信息在文章主体的线性逻辑框架之外进行展示。这一工具对于视频领域也同样有效。另外，文献引用（发明于13世纪）使得学者和怀疑者可以系统化地查找那些影响或阐明文章内容的来源。设想下，如果一个视频有了引用工具会怎样。当然，现在我们有超链接功能，可以将一个文字片段与另一个连接起来，还有标签功能，可以将选定的单词或词组进行分类方便后续归类使用。

所有这些发明（以及其他更多的发明）使得任何一个识字的人都可以剪切并粘贴各种观点，用自己的想法去注释这些，将它们与相关的观点联系起来，在浩如烟海的作品中检索，快速地浏览主题，重排文本，提炼材料，重混观点，引用专家的观点和喜欢的艺术家作品的片段。所以，除了阅读以外，这些工具也是文字通达的基础。

如果读写流利意味着一个人可以理解文字并灵活运用，那么新媒介的流利就意味着一个人可以同样轻松地理解动态影像并灵活运用。但到目前为止，用于可视化“阅读”的工具还未能推广到大众层面。例如，为了直观形象地比较最近的银行破产与历史上发生的类似事件，我想引用经典电影《生活多美好》（*It's a Wonderful Life*）中的银行挤兑现象以便向你更好的说明，但却无法简便地准确指出那个场景。

（我想引用的是哪几个场景以及其中哪个部分呢？）我可以像我刚刚做的那样，提及影片的名字。我可以指出那个场景的具体时间节点（**YouTube**提供的新功能）。但是我不能把这句话与在线电影中那个准确的“段落”建立连接。我们还不能针对电影的场景建立类似于超链接的连接方式。有了流利的影像语言，我将可以直接引用一部电影中的具体画面，或者一个画面中的具体形象。我可能会是一个对东方服饰感兴趣的历史学家，而我想引用电影《卡萨布兰卡》（*Casablanca*）中一个角色戴过的土耳其毡帽。我应该能够只引用毡帽本身（不包括



它覆盖的头部），即链接到“穿插”在各个场景中的帽子图像，就像我可以很方便地在文本中添加毡帽的图片链接一样。最好，我还能用其他影片中的毡帽片段为电影中的毡帽添加脚注。

有了成熟的可视化技术，我就可以为一部电影中的任何物体、画面或场景添加脚注，而素材就是其他的物体、画面或电影片段。我就可以搜索一部电影的视觉索引，仔细查看可视化的目录，或者浏览全片的可视化摘要。但是该如何实现这些功能呢？我们如何像浏览一本书一样浏览一部电影呢？

在印刷技术发明之后，人们花了几百年的时间才总结出便于消费者使用的文本阅读工具，但是第一批可视化阅读工具现在已经出现在研究实验室中，处在数字文化的边缘。例如，我们该如何浏览一部正片长度的电影？浏览一部电影的方式之一就是极速快进，将两小时的电影在几分钟内放完。另一种方式则是仿照夸张的电影预告片制成一个简化版。这两种方法都可以将几小时的电影压缩成几分钟。但是否有一种方式，可以将电影的内容转化成能够快速掌握的图像，就像我们看一本书的目录一样？

学术研究领域已经制造出一些有趣的原型机可以实现视频的总结浏览，但还不能广泛用于所有的电影。一些有着巨量片源可供选择的流行网站（比如黄色网站）已经发明了一种方式，使得用户可以花几秒钟的时间浏览整部电影的内容。当用户点击一个电影的标题时，弹出窗口就会一个接一个地闪现影片中的关键画面，形成一个快速播放的幻灯片，就像是这部电影的手翻书。简化的幻灯片就能以可视化的形式将几小时的电影概括为几秒钟。专业的软件会用于识别一部电影中的关键画面，以便最有效地总结电影内容。

可视化的窍门在于可检索性，也就是说我们有能力像谷歌搜索网页一样检索所有的电影，并找到某个具体镜头。通过输入关键词，或者说出关键词，比如“自行车和狗”，你就能提取出所有电影中涉及一

条狗和一辆自行车的场景。一眨眼工夫，你就能找到《绿野仙踪》（*The Wizard of Oz*）中高驰小姐用自行车将托托带走的画面。更进一步，你想要谷歌在其他电影中找出与这个画面类似的所有场景。这种功能很快就会实现。

谷歌的云人工智能正在快速地提升可视化智能水平。不可思议的是，它能够对普通人上传的数十亿张个人快照进行分析，识别并记住所有照片中出现的每个物体。例如，一张照片中，一个男孩在一条泥泞道路上骑摩托车，人工智能将会把照片标记为“男孩在泥泞道路上骑摩托车”。同样，人工智能将一张照片的标题定为“一个炉子上的两张披萨饼”，也准确地表达了照片的内容。而且，谷歌和脸谱网的人工智能都可以检索一张照片，并告诉你里面每个人的名字。

那么，可以对一张图像进行的处理分析也可以适应于动态的影像，是因为电影仅仅是一连串静态图像的排列。但是识别电影需要更为强大的处理能力，这在一定程度上是因为加入了时间维度（随着镜头的移动，物体是否一直留在那里？）。几年之后，我们将能随意地通过人工智能来搜索视频。彼时，我们开始在动态影像领域探索古登堡式的改革的可能性。斯坦福大学人工智能实验室的负责人李飞飞就坦言：“我认为图像和视频里的像素数据就是互联网宇宙中的暗物质。我们现在正开始让它的特性显现出来。”

当动态影像更容易创作，更容易保存，更容易标注，并更容易组合成复杂的情节，它们也变得更容易被观众重新操控。这就使得图像获得了与词汇类似的流动性。流动的影像会快速地传递到新的屏幕界面上，时刻准备投向新的媒介，并将影响力渗透到已有的媒介中。就像字母比特数据一样，为了匹配搜索引擎和数据库，图像可以被压缩成链接的形式或进一步扩展。灵活的图像资源鼓励人们像在文本世界中所做的那样，称心地投入影像世界中的创作和消费。

除了可检索性以外，媒介中正在发生的另一项变革可总结为“可回放性”。在口头交流时代，当有人说话时，你需要仔细地听，因为一旦说完，词句就消失了。在录制技术发明之前，没有备份，就不能通过回放来聆听漏掉的内容。

几千年前，人类历史上发生了从口头交流到书面交流的巨大转变，这才使得听众（读者）有可能倒带至一个“演讲”的开头重新阅读。

书籍的变革性特征之一就是它们能够反复地把自己呈现给读者，只要读者提出需求，想要阅读多少次都可以。事实上，能够写出一本被人反复阅读咀嚼的书可以说是一位作者最高的荣誉。而另一方面，作者们会充分利用书籍的这一特征，尽可能写出会被人们反复翻阅的书，为此他们也已经探索出一些方法。他们可能会添加一些只有再次阅读才能领会的情节点，可能会隐藏一些只有再次阅读才能觉察出来的讽刺话语，又或者塞满需要仔细研究和反复阅读才能破解的细节。佛拉基米尔·纳博科夫（Vladimir Nabokov）曾说：“一个人不能读一本书，他只能反复读一本书。”纳博科夫的小说中经常有个难以琢磨的叙述者——比如《微暗的火》（*Pale Fire*）和《阿达》（*Ada*），这无疑会鼓励读者在读完一遍后从更为全面的角度再次回顾故事情节。最棒的神秘故事和惊险小说通常会以最后时刻难以预料的情节翻转结尾，但如果再读一遍，就会发现结局在之前已经有了巧妙的暗示。七卷本《哈利·波特》系列就夹杂了很多隐藏线索，需要读者反复阅读以寻求最大的乐趣。

在过去的一个世纪里，我们屏幕上的媒介与书籍有着很多相同之处。电影就像书籍一样，是由故事驱动，线性发展的。但与书籍不同，电影很少有机会被人反复观看。即使是最流行的大片也只能在剧院里展映一段时间，比如在当地的剧院里播放一个月，然后就很难再次看到了，只有在10年后的深夜电视节目档才可能再见。在录像带发

明之前，视听材料都没有重放功能。电视节目也是一样的情况。节目会按照排期表播放。你可以在一个固定的时间段观看某个节目，否则将永远错过。人们不太可能反复观看一部新上映的电影，而只有一部分电视剧在夏季重播时才能再看。即便如此，你还需要调整自己的关注点，在剧目预定播放那天的特定时间段守在电视机前。

因为电影和电视节目的这种“类口语化”特征，节目在创作时就蕴含了这样一种假设，即它们可能只会被观看一次。这一合乎情理的假设也变成了节目的一大特点，迫使电影故事在第一次播放时向观众传达尽可能多的信息。但这种特点也弱化了节目本身的表达能力，因为有很多内容可以被设计为在观看两三遍后才能被发觉。

先是VHS格式，后来是DVD格式，然后是TiVo格式，而现在有了流媒体格式，它们使得我们可以十分方便地将屏幕内容向前滚动。如果你想再看一遍某些内容，就可以轻松实现。如果你只想看一个电影或者电视节目中的几个片段，也可以随时做到。这种回放的功能也适用于广告、新闻、纪录片、剪辑片段以及其他任何网上的内容。相比任何其他方面，正是回放功能使得广告成为了一种新的艺术形式。重复观看的功能使得广告摆脱了从前的束缚——在转瞬即逝的节目中间一晃而过。一个广告节目的资料库形成后，使得它们可以像图书一样被品读以及反复品味。而且我们还可以将广告分享给其他人，与他人一起讨论、分析、研究这些广告。

现在，我们见证视频新闻不可避免地具有了回放功能。电视新闻作为短暂视频流，人们不曾指望记录或者分析它们，仅仅是囫圇吞枣过一遍。现在它们也可以被回放了。当我们回看新闻时，就能比较它们的真实性，它们的动机以及它们的假设。我们可以分享新闻，研究新闻，并混编新闻。由于大众可以反复观看先前的新闻里说过什么，这种形势也转变了政客、专家以及任何在新闻里发表言论的人的态度。

电影的回放功能成就了那些长达120小时的电影，比如《迷失》（*Lost*）、《火线》、《太空堡垒卡拉狄加》（*Battlestar Galactica*），并让观众看得过瘾。这些电影里充斥着太多设计精妙的情节细节，以至于在人们初次观看时不会完全凸显出来，观众不得不返回到某个情节来反复品味。

当音乐变得可以被录制、被重放，音乐领域也产生了变革。现场音乐意味着体会当下的感觉，并且每场表演都会存在差异。而将音乐倒带至开头，重新聆听一模一样的表演对音乐产生了永久的影响。歌曲的平均长度变短了，而且变得更有韵律，重复更多。

现在的游戏也有类似回滚功能的相关设定，使得玩家可以重玩一遍、撤销操作，或者拥有额外的生命。玩家可以一遍又一遍地重玩某段游戏经历，每次只做微小的改变，直到掌握这个水平。在最新的竞速游戏中，玩家可以倒放比赛过程，倒带至先前的任何一个动作节点。所有的主流软件包都有一个“还原”按钮，让你可以还原到先前状态。最好的应用程序更是允许无限次还原，使得你可以根据自己的意愿返回到先前的状态。现存的最为复杂的消费软件（比如Photoshop或者Illustrator）中都具备名为“无损编辑”的功能，这意味着无论你已经执行了多少操作，都可以在任何时候返回到任何一个先前的处理节点，并从那里重新开始编辑。维基百科的伟大之处也正是在于它采用了无损编辑功能，由于一篇文章先前的所有版本都会永久保留，所以任何读者都能及时地撤销已经做出的改动。这种“重做”功能会鼓励创造力。

在未来，沉浸式环境和虚拟现实也必然会具备返回先前状态的功能。实际上，任何数字产品都将具备撤销和回放功能，就像它们都会具备重混的功能。

继续发展下去，我们很可能对任何不具备撤销按钮的体验表现出不耐烦，比如吃一顿饭。我们确实不能重温一顿饭菜的味道，如果

可以的话，这必定会改变烹饪行业。

就可复制性而言，媒介的完美重复功用已经得到充分开发。但就可回放性而言，媒介的完美重复功用还未得到充分利用。随着我们开始用生活日志记录日常活动，捕捉我们的“生活流”，生活中大部分内容将具备回滚功能。典型的事例就是，一天里我会反复查看发件箱和收件箱，以便回顾我先前生活中的一些事件。如果我们预期生活可以倒带，就将会改变我们最初做事情的方式。方便、准确、深入地回顾过往生活的功能可能会改变我们将来的生活方式。

在不久的将来，只要我们在意，就可以选择尽可能多地记录我们日常的谈话交流。而且这样的过程几乎不花费过多精力，只需我们携带（穿戴）一个设备，并且回放的操作也十分简单。有些人可能会将生活中每件事情都记录下来，以便为他们的记忆提供支撑。关于回放功能的社交规矩也将视情况而定，私人谈话很有可能被列入回放功能禁止使用的范围。但在公共领域发生的事情将越来越多地被记录下来，可以被反复浏览，借助的工具可以是手机摄像头，汽车仪表盘上的网络摄像头，或是路边电线杆上的监控摄像头。按照法律规定，警察在执勤的时候需要通过穿戴设备记录下他们的所有活动。回放警察的执勤日志将会转变公众的观念，也往往能够证明警察执法是否公正。政客名流每天的活动也会被记录下来，让人们可以从多个角度反复审视，这样将会营造出一种新的文化，其中每个人的过去都是可以查阅的。

可回放性和可检索性仅仅是动态影像领域正在发生的两个类似古登堡式印刷术的巨大转变。它们和其他的重混要素一起适用于所有的新兴数字媒介，比如虚拟现实、音乐、广播、展示，等等。

重混——对已有事物的重新排列和再利用，对传统的财产观念和所有权概念产生了巨大的破坏。如果一段旋律是你的财产，就像你的房子一样，那么未经授权或支付相应报酬的话，我对于它的使用权就

会受到极大限制。但是正如前面章节说明的，数字比特媒介最显而易见的特点就在于不可触摸以及非竞争性。比特的特点更类似于观点，而非不动产。早在1813年，托马斯·杰斐逊就认识到观点并不能被完全视作财产，或者说即使它们是财产，也与不动产有所区别。他这样写道：“一个人从我这里获得了一个观点，他在接受这个观点指导的同时并没有对我造成损失；就像是借用我的烛火点亮他的蜡烛一样，他收获光亮的同时并没有让我变得暗淡。”如果杰斐逊把他在蒙蒂塞洛的房子给了你，那么你将拥有他的房子，而他就没有了。但是如果他给了你一个想法，你将获得这个想法，而他仍将保留这个想法。这种不同寻常的特性也正是当今知识产权领域不确定性的来源。

就大部分情况而言，我们的法律系统还停留在农耕时代的准则上，即将财产视为实体。这已经落后于数字时代的发展。我们并不缺乏探索尝试，只是想要在所有权日渐不受重视的领域弄清所有权如何发挥作用，是有难度的。

一个人如何“拥有”一段旋律？当你给我一段旋律后，你仍然拥有它。还有就是以什么样的方式界定？如果一段旋律与另一段1000年前的旋律只有一个音符之差，它还是属于你的么？一个人可以拥有一个音符么？如果你将它的一个副本卖给了我，如何界定一个副本？那么备份又怎么说呢，或者在流媒体中播放呢？这些并不是什么深奥的理论问题。音乐已经是美国对外出口的一个主要产品，是价值数万亿美元的产业。那么关于非实体的音乐中哪些部分可以被拥有这一难题，以及如何对其进行重混，已经成为我们当今文化的前沿问题以及核心问题。

关于人们以音乐片段为样本进行重混是否合法的争议始终存在，尤其是在作为样本的歌曲或者借用的歌曲盈利很多的情况下，争议更甚。对于重混或再利用一个新闻媒介的素材来为其他媒介服务是否恰当的争论，也是新型新闻媒介发展的主要限制。关于谷歌能否使用扫

描书籍得到的书中片段还存在法律争议，使得谷歌不得不停止了它的“图书扫描”计划。知识产权就是这样一个变化莫测的领域。

基础技术的运行有其自身的特点，而现行知识产权法律却与这一实际特点不完全相符。例如，美国版权法赋予作品创作者对其作品具有临时的垄断权，以此鼓励他们创作更多作品，但这一垄断特权已经延伸到了创作者死后的70年之久，而在那70年里，他们逝去的身体其实已经无法被任何事情所鼓励了。有些情况下，这种没有任何产出的垄断特权可以长达100年，甚至还在增长，这哪有临时性可言。在一个以网络速度发展的世界里，长达一个世纪的法律闭锁是对创新和创造力的严重损害。这个残余的负担源于我们先前生活的基于物质原子建立的时代。

全球经济都在远离物质世界，向非实体的比特世界靠拢。同时，它也在远离所有权，向使用权靠拢；也在远离复制价值，向网络价值靠拢；同时奔向一个必定会到来的世界，那里持续不断发生着日益增多的重混。尽管步伐缓慢，相关的法律还是会逐渐跟上。

那么在一个重混的世界里，新的法律应该支持什么呢？

对已有材料的利用是一种值得尊重而且必须的实践活动。正如经济学家罗默和亚瑟提醒我们的，重组才是创新和财富的唯一动力源泉。我建议随着这一问题展开思考，“借用者是否将素材做了转化？”这种重混、混搭、取样、挪用、借用的过程，是否对原有素材做了一定的转化，还是仅仅复制了原作？安迪·沃霍尔（Andy Warhol）是否转变了金宝罐头汤 [2]？如果是，这个衍生品就并不完全是一个“复制品”，它已经得到了转化、突变、提升、进化。对这一问题的回答每一次或许都不同，但是否出现了转变确实是我们应该关心的问题。

因为转化是“形成”的另一种表述。承认“转化”意味着我们如今创作的作品今后将会，也应该会生成别的事物。没有任何东西能不受影



响，不发生改变。我指的是，但凡有价值的创作物，最终将不可避免地以某种形式转化成其他东西。人们当然永远可以获得1997年J·K·罗琳发表的那个版本的《哈利·波特》，但不可避免的是，在未来几十年里会出现1000本根据她的原版图书创作出来的同人小说。发明或作品本身越有魅力，也就越可能被其他人所转化，而且这一过程也越重要。

在未来的30年里，最重要的文化作品和最有影响力的媒介将是重混现象发生最频繁的地方。

---

[1] 古登堡生于1398年，是欧洲活字印刷术的发明者，由此引发了一次媒介革命。——译者注

[2] 金宝罐头汤（Campbell soup），沃霍尔于1962年创作的艺术作品，它由32块帆布构成，每块上都画着金宝罐头汤一种口味的产品。——译者注

## 第9章

### 互动 Interacting

虚拟现实（Virtual Reality, VR）是一个虚构的世界，而人在其中的感受是完全真实的。当你在一个巨大的IMAX屏幕前伴着环绕立体声观看一部3D电影时，就能对虚拟现实有些许体会。那时，你将完全沉浸在一个不同的世界中，这也正是虚拟现实想要实现的目标。但这并非完全的虚拟现实，因为当你在剧院中，想象力延伸到别的地方时，身体却在原地。你仍然感觉自己坐在一把椅子上。实际上，在剧院里，你必须待在座位上，被动地向前看，才能让沉浸其中带来的魔力发挥作用。

一个更为先进的虚拟现实体验可能更类似于尼奥在电影《黑客帝国》中的经历。虽然尼奥是在计算机世界里跑跳，并与一百多个克隆人打斗，但是他的感受是完全真实的，甚至可能达到超真实——比真实体验还真实。他的视觉、听觉和触觉完全被合成的计算机世界劫持了，以至于无法觉察出这个世界的不自然。比这个更先进的虚拟现实模型则是《星舰迷航》中的全息甲板。在那个虚构的世界里，物体和人的全息影像投影十分真实，甚至还是可以触碰的实体。按照自己的意愿进入一个模拟环境是科幻作品中经常出现的梦想，它似乎早该实现了。

当今的虚拟现实技术水平处于初级的3D模式IMAX电影和终极全息甲板模拟之间。到了2016年，虚拟现实技术就可以让你到马里布（Malibu）市一个亿万富翁的豪宅里穿行，每个房间里都塞着满满的物品，感觉就像你真的在那里一样，而实际上你不过戴着一顶头盔，待在1000英里以外的一个房产经纪人办公室中。这也正是我最近刚体

验过的。一旦戴上这种特殊的头盔眼镜，你还可能进入一个幻想的世界，那里有独角兽在奔腾，而你则会真实地感觉到自己在飞翔。又或者你坐在一个办公室隔间，里面漂浮着各种触控屏幕，还有远在别处的一名同事的化身在 [\[1\]](#) 一旁和你说话。在每种情境下，你都会十分强烈地感到自己确实身处在那个虚拟世界里，很大一部分是因为你可以做各种事情——环顾四周，沿着任何方向自由移动，移动物体——这会让你相信自己真的在那里。

最近，我有机会将自己沉浸在众多虚拟世界原型中。这些原型中最好的已经可以让人感受到一种难以动摇的现场感。当你讲故事时，提升故事真实感的通常目的就是让人们停止怀疑；虚拟现实的目标则不是阻止人们持有某种信念，而是要增强这种信念，比如你正处在别的地方，甚至可能是另一个人。即使聪明的大脑能够清楚地意识到你实际上正坐在一把转椅上，但是嵌入到虚拟现实中的“我”将会让你相信自己正在沼泽地里艰难跋涉。

过去十年，发明虚拟现实的研究人员为呈现无比强烈的现场感设定了一种标准的演示方式。体验人员站在一个真实的等候室中央，等候虚拟现实演示，房间里平淡无奇，只有一副大黑眼罩放在凳子上。体验人员戴上眼罩后，立即就会进入到所处房间的虚拟版场景中，里面有同样普通的嵌板和椅子。从他们的角度看，并没有发生什么改变。他们可以环顾四周，发现通过眼罩看到的场景只是稍微粗糙点。但是，房间的地板开始慢慢地下降，只留下体验人员站立的那块木板不动，最后体验人员站立的那块木板漂浮在下降的地板上空30米高的地方。体验人员被要求走下那块木板，而木板已经悬浮在一个极其真实的深坑中了。几年来，这一场景的真实感得到了增强，使得体验人员如今的反应几乎完全在预料之中。他们或者无法移动脚步，或者在微微前移时浑身发颤，手心冒汗。

当我陷入这个场景中时，脑袋也晕乎了。我的意识思维始终在悄悄提醒我，自己正在斯坦福大学研究实验室的一个昏暗的房间里，但是我的原始思维已经劫持了我的身体。它坚持认为我正待在一块十分狭窄的木板上，悬在很高的空中，必须立即返回到木板上，马上！我对高空的恐惧开始体现出来。我的膝盖开始哆嗦，恶心得快要吐了。然后我做了件愚蠢的事情。我决定跳出木板，落到虚拟世界中木板下方附近的窗台上。但很显然，根本没有什么“下方”，所以我真正的身体扑在了地面上。然而，因为我其实是站在地面上的，下落时被真实房间里的两个观察员接住了，而他们站在那里就是准备接我。我的反应是完全正常的，几乎每个人都会这样跳下来。

完全逼真可信的虚拟现实即将实现。但是以前，我对虚拟现实的认识还是有些偏差的。1989年，我一个朋友的朋友邀请我来到他在加利福尼亚州雷德伍德市的实验室，见识下他发明的一些工具。所谓的实验室其实就是一幢办公大楼里的几个房间，只是少了很多桌子。四周的墙面覆盖着一层布满电线的氯丁橡胶，挂着镶满电子元件的大手套以及成排用布基胶带捆扎的泳镜。我去见的人叫杰伦·拉尼尔（Jaron Lanier），他有着值得夸耀的齐肩金色小辫子。我不确定会发生什么，但拉尼尔向我保证会有一种全新的体验，他称之为虚拟现实。

几分钟后，拉尼尔递给我一只黑色手套，有十几条电线从手套的指头上迂回延伸到房间另一边的一台普通个人电脑上。我戴上手套后，拉尼尔将一组由各种电线缠绕悬挂着的黑色眼罩戴在了我的头上。还有一根粗粗的黑色电缆从头上的设备里延伸出来，顺着我的后背，最终连到他的电脑上。一旦我的眼神专注到这个眼罩里，我就进入了另一个世界。我所处的地方沐浴在淡蓝色的散漫光束里。我可以看到我所戴手套的位置有一个卡通版的手套形象，而这个虚拟的手套会与我的手同步运动。它现在是“我的”手套了，而且我（亲身而不是在脑海中）强烈地感觉到自己并不是在办公室里。随后，拉尼尔也他用他自己的头盔和手套，以一个女孩化身的形象进入到自己发明的世界

里。凭借这个美妙的系统，你可以将你的化身形象设计成任何你想要的样子。于是，在1989年，我们俩首次进入了双方共同的梦幻空间中。

拉尼尔推广了“虚拟现实”这个词汇的使用，但在20世纪80年代末期并不是只有他一个人在进行沉浸式模拟的研究。一些大学、新兴公司以及美国军方都研制出了类似的原型机，只是在实现上述现象时的方法稍有不同。当我进入到拉尼尔的微观世界里时，我感到自己已经看到了未来的发展，我想让尽可能多的朋友、同行专家都来体验一下。借助我主编的杂志（《全球概览》），我们组织了虚拟现实设备的第一次公开演示，参展的有1990年秋天时已经开发出的各种虚拟现实设备。在星期六中午到星期天中午的24个小时里，任何一个买票的人都可以排队体验多达二十几种虚拟现实原型机。凌晨时分，我遇到了迷幻剂代言人提姆·赖瑞（Tim Leary），他认为虚拟现实的体验堪比LSD。这令人着迷的设备给人留下强烈的印象，让人们感到近乎完全真实。这些模拟过程是真实存在的。虽然画面粗糙了些，还会经常出现卡顿，但预期的效果是无可争辩的：你感觉自己到了另外一个地方。威廉·吉布森（William Gibson）这位大有前途的科幻小说作家甚至通宵体验了这种网络空间。第二天早上，当被问到如何看待这些通往虚构世界的新入口时，他第一次给出了如今广为人知的那句评论：“未来已经到来，只是尚未流行。”

然而，虚拟现实 <sup>[2]</sup> 实的发展旅程极不平坦，它衰退了。人们期待的下一步发展从未发生。包括我在内的所有人都认为虚拟现实技术将会在5年内变得无处不在，最晚也会在2000年之前。但是直到2015年，杰伦·拉尼尔的先驱工作开展了25年之后，虚拟现实技术仍没有任何实质进展。虚拟现实技术发展的主要问题在于近乎逼真，但并不足够逼真。当在虚拟现实情景里停留10分钟以上时，画面的粗糙和动作的卡顿会引发体验人员的恶心不适。想要让虚拟现实设备足够强劲、流畅地运行，并且让人感到舒适从而避免恶心感，需要投入数千万美元的



费用。因此，虚拟现实技术仍然远离消费者的视野，而且即使对那些依赖开发虚拟现实内容来刺激虚拟现实设备购买的新兴公司开发人员而言，虚拟现实技术似乎也是可望不可即。

然而，25年之后一个最不可能的救世主出现了，那就是智能手机！全球市场上智能手机的巨大成功推动其高分辨率屏幕质量的提升，同时降低了成本。就尺寸大小和分辨率而言，一套虚拟现实眼罩的屏幕的要求基本上与一个智能手机屏幕相差无几，所以现在的虚拟现实头戴设备的制造技术基本出自便宜实惠的手机屏幕的制造技术。手机内置的动作传感器的表现同样不断提高，成本不断降低，直到它们可以被虚拟现实技术借用来追踪头部、手部，以及身体的极其细微的动作变化。实际上，由三星公司和谷歌公司研制的供消费者使用的第一代虚拟现实原型机就是将普通手机装入到了一个空的头戴式显示器里。当你戴上三星公司的Gear [\[3\]](#) 虚拟现实并看着手机时，你的动作会被手机追踪，所以手机会把信息发送到虚拟世界里。

不难想象，虚拟现实技术将很快会在未来的电影领域大展拳脚，尤其是那些“激动人心”的电影体裁，比如恐怖片、色情片或者惊悚片——此类电影的故事本身就会让人全身心地投入。我们也可以很自然地预料到虚拟现实技术在电子游戏领域将会占据重要地位。毫无疑问的是，将会有亿万名干劲十足的游戏玩家急忙地穿戴好服装、手套和头盔，然后传送到一个遥远的地方，在那里他们可以隐藏、射击、杀戮，以及独自或与朋友们一起探险。当然，现今推动消费者版虚拟现实技术发展的主要投资方就是游戏产业。但虚拟现实技术的应用领域绝不仅仅是在游戏方面。

现场感和互动效果是推动当前虚拟现实技术快速发展的两大亮点。“现场感”是虚拟现实技术的主要卖点。电影拍摄技术发展史上的所有变革最终都转化为提升现实感，先是从声音效果方面，再到视觉颜色、3D模式，以及更快的帧速率。在虚拟现实技术领域，这些趋势

得以进一步加速发展。每一周都会有进步，屏幕的分辨率在增加，帧速率在提升，对比度在加深，色彩的空间在拓宽，高保真的声音在变锐，所有这些提升的速度都要比大荧幕上的变化更快。也就是说，虚拟现实技术要比电影更快接近“现实”。用不了十年，当你体验尖端水平的虚拟现实显示器时，你的眼睛会被蒙蔽，以为自己正在通过一个真实的窗户观看一个真实的世界。那个场景会是明亮的，没有闪光，没有肉眼可见的像素点。你将会十分确定地感觉到那就是绝对的真实世界，只不过它并不是真的。

第二代的虚拟现实设备会依靠一种新研发的“光场”（light field）投射技术以取代屏幕呈现。（第一版商用光场设备是由微软制造的Hololens和由谷歌资助研发的Magic Leap。）基于这种技术设计的虚拟现实设备直接将影像投射到眼睛里，所以你无需佩戴黑色的眼罩设备。这使得投射出的“现实场景”可以与你不戴眼罩时通常看到的现实场景进行叠加。你可以站在你的厨房里，看到机器人R2D2 [4] 以绝对清晰的形象站在旁边。你可以在它四周走动，或者走近一点，甚至可以通过移动它来仔细检查，而它会始终保持它的真实可见。这种场景的叠加被称为增强现实（Augmented Reality，AR）。因为人工场景是添加到你通常看到的现实世界场景中，所以相比先前将这些场景放到你眼睛旁边的屏幕上，你的眼睛会更深层地聚焦，以至于这种技术引发的错觉有很强的现场感。你几乎会发誓说那些东西真的在那里。

微软设想用光场技术增强现实设备建造未来的办公室。员工们无需坐在隔间里面对一墙的监控屏幕，他们只需戴上Hololenses坐在一个开放的办公室里，就可以看到四周墙面上的各种虚拟屏幕。或者，他们轻轻一点，就会被传送到一个3D会议室，与生活在不同城市的十几名同事讨论问题。又或者，他们点击进入一个训练室，在那里有一个导师会带领他们完成急救课程，引导他们的化身学习正确的操作步骤。“看到怎么做了么？现在你来做一遍。”大多数情况下，这种增强现实课程的效果要优于现实世界中的课程。

增强电影的现实感之所以在虚拟现实领域比在电影领域发展得更快，是由于头戴式显示器的巧妙应用。想要在巨大的IMAX电影屏幕上填充适当的分辨率和亮度以使你觉得那是通往现实的窗口，需要非常大量的计算和很高的照明要求。在一块60英寸宽的屏幕上营造屏幕清晰可见的现实场景是相对较小的一项挑战，但仍然让人生畏。如果只是在你面前的小面罩上呈现具有同样画质的小屏幕，那么就要简单得多。头戴式显示器会追随你的目光进行调整——因为它总是在你的眼前，所以你会始终看到完整的模拟现实场景。因此，如果在这个小屏幕窗口上营造出完整、清晰的3D影像，并保证无论你看向哪里，影像都在你视野里，就可以创造出基于虚拟现实设备的虚拟IMAX影像。因为设备固定在你的头上，所以无论你将目光移向屏幕上的任何地方，这个模拟的现实场景都会追随你的目光而改变。事实上，整个360度的虚拟世界都以同样极端清晰的形象呈现，就如同你眼前的东西一样。另外，由于人眼前的呈现区域很小，在小范围上实现画质的提升要简单得多，成本也更为低廉。一小块屏幕就能够营造出颠覆性性的现实感。

但虚拟现实技术的亮点不仅仅是“存在感”，另一个让它经久不衰的魅力源于它的互动效果。当我们佩戴虚拟现实设备时是否舒适或是会出现不适，这一点还未明确。谷歌眼镜（我也尝试过）比墨镜大不了多少，是非常温和的增强现实设备，然而大多数人在使用首个版本时仍感到很麻烦。现场感会将用户带入虚拟世界，但是虚拟现实设备的互动效果才是维持用户体验的要素。各个层面上的互动效果将会扩散影响到这个技术构造的虚拟世界的其他方面。

大约十年前，《第二人生》（*Second Life*）是网上冲浪时一个颇为流行的去处。《第二人生》的成员会创造一个完整的化身，在这个与他们“第一人生”相对的镜像模拟世界里活动。他们花大量时间用精美的服饰把自己的化身形象打扮成时髦人士，并与其他成员令人惊艳的化身开展社交活动。成员们用其化身的一生来建造超级华美的房



屋，装扮光鲜地泡酒吧，跳迪斯科。这个世界里的环境和化身都是以全3D形式创造的，但受限于当时的技术，成员们仅能通过他们台式电脑屏幕以2D形式浏览这个世界。（2016年《第二人生》将以3D形式重新开启新的篇章，项目代号为“**Project Sansa**”。）化身们在互相交流时，脑袋上方会漂浮着带有文字的气球，文字内容则由拥有者键入，就像是在一本漫画书里穿行。这种笨拙的互动界面抑制了人们对任何深层次现场感的体验。《第二人生》的主要魅力就在于它是一个完全开放的空间，可以自由构建准3D的环境。你的化身在空荡的平原上行走，就像是处于举办“火人节”的荒芜之地，你可以着手建造最酷或者最离奇的建筑、房间，或者是荒野。物理规律可以被打破，材料是免费的，任何事情都是可能的。但是想掌握这晦涩的3D工具，需要花费几个小时学习。在2009年，瑞典的一家游戏公司以准3D的形式设计了一个类似的建造世界的游戏，即《我的世界》（**Minecraft**），但它采用了傻瓜式的建筑积木，可以像大号的乐高积木一样进行堆放。由于学习游戏的过程并非必须，大量喜爱搭建的玩家投入到《我的世界》里。

《第二人生》的成功是由于它提供了具有创造力的志趣相投者进行社交的环境。但是当这种社交魔力迁移到移动互联网世界中时，没有哪个手机有足够的计算能力来运行《第二人生》那种复杂的3D情景，所以大多数用户离开了它。有大量用户转投《我的世界》，因为它粗糙的像素式界面允许其在手机上运行。仍有数百万的用户钟情于《第二人生》，而且现在每小时都有大约5万个化身在这个由用户构造的想象世界里漫游。他们中有一半的人是为了虚拟性爱而来，而这更多的依赖于游戏的社交成分而非现实感。几年前，《第二人生》的创始人菲尔·罗斯戴尔（**Phil Rosedale**）开办了另一家有关虚拟现实的新公司，尝试利用一个开放的模拟世界中的社交机会，创建一种更为真实可信的虚拟现实。

最近，我造访了罗斯戴尔取名“高保真”（**High Fidelity**）的创业公司。正如公司名所蕴含的意思一样，他们的项目目标就是提升虚拟世界的真实感，保证实现数千或数万个化身可以同时在线，创造出一个繁荣、逼真的虚拟城市。杰伦·拉尼尔首创的虚拟现实体验允许同时有两个体验者进入。我自己以及每个体验过的人都注意到，虚拟现实中国其他人的存在要比里面的其他事物更为有趣。2015年再次体验后，我发现各种虚拟世界中最棒的那些激发出的深层次的现实感并非来源于最高的像素，而是源于大量其他人的参与。为此，“高保真”项目正在探索一种巧妙的方式，充分利用便宜实惠的传感器的追踪能力，可以在两个世界中都模仿再现你眼光的注视方向。它不仅追踪你转头的方向，还包括你眼睛转动的方向。头戴式设备中内嵌的迷你摄像机会追踪你真实的眼睛，并且将你眼光注视的准确方向转移到你的化身上。这意味着如果有人对你的化身说话，他们的眼睛就会盯着你的眼睛，你的也会盯着他们的。即使你在移动，需要对话的人转动他们的脑袋时，眼睛也会继续锁定在你的眼睛上。这种眼神交流充满巨大吸引力，它能促进亲密感的产生，并延伸为一种可感受的现实感。

尼古拉斯·尼葛洛庞帝（**Nicholas Negroponte**）是MIT媒体实验室的负责人。他在20世纪90年代时就曾经戏谑地说男厕所的小便池比他的电脑还聪明，因为便池知道他就在那里，并会在他离开后冲水，但即使他在电脑前面坐上一整天，电脑都不会察觉。今天，这种情况依然存在。多数时候，笔记本电脑、平板电脑和手机对于拥有者是否在使用它们是忽视的。随着虚拟现实头戴设备中便宜实惠的眼动追踪设备逐渐普及，这种情况正在开始转变。三星**Galaxy**系列中最新款的手机就具备了眼动追踪技术，使得手机可以准确地了解你在看向屏幕的哪个位置。视线追踪技术可以有多种应用途径。它可以加速屏幕导航，因为在你用手指或鼠标指向一个地方确认前，通常已经先注视到一些东西了。通过统计几千人的视线在屏幕上停留的时间，软件可以绘制出一张图，显示出人们的注意力在哪些区域停留更多，在哪些区域停留更少。一个网站拥有者可以借此了解首页中哪些部分是人们真

正关注的，哪些部分人们一扫而过，并利用这些信息来改善网站设计。一个App开发人员可以利用访问者的视线停留模式来发现这个界面中哪些部分引起了过多注意，暗示出需要修复的问题。安装在汽车仪表盘上时，同样的眼动追踪技术可以用来侦测驾驶人员是否打瞌睡或者走神。

现在，任何一个屏幕上看向我们的这些“小眼睛”都可以学习一些额外的功能。首先，它们学习侦测人脸的大致轮廓，这在数码相机中已经被用以辅助聚焦。然后，它们学会侦测特定的脸部——比如你的——用作身份识别的密码。你的笔记本电脑会“盯着”你的脸部，并且深入到你眼睛的虹膜层面，以便在它打开电脑主页前确定是你本人在操作。最近，MIT的研究人员已经教导我们机器上的眼睛学会了侦测人类的表情。当我们看着屏幕时，屏幕也在看着我们，侦测我们在看哪里，以及如何反应。MIT实验室的罗莎琳德·皮卡德（**Rosalind Picard**）和拉娜·艾尔·卡利欧比（**Rana el Kaliouby**）研发出一种软件，可以精准地洞察人类的情绪，他们声称它可以侦测出一个人是否抑郁。它可以辨别出约24种不同的情绪。我曾经有机会体验了一次这款软件的测试版，皮卡德在自己的笔记本电脑上将其命名为“情感技术”。电脑面盖上那个“小眼睛”紧盯着我，可以准确地判断出我在阅读一段难懂的文字时是否感到困惑或者是否在认真阅读。当我在看一段较长的视频时，它可以区分出我是否走神。因为感知过程是实时的，这个智能软件可以根据我浏览的内容进行自动调整。比如我在看一本书时皱眉了，代表我对于一个词汇存在困惑，这时文档就会展开一个定义解释。或者当它发现我在重新读同一个段落时，它可以为那个段落补充一些注释。同样地，如果它发现我对于一个视频中的某个场景厌倦了，它可以跳过这个场景，或者快进过去。

我们为的设备配置了各种感官功能，比如视觉、听觉和触觉，这使得我们可以与它们进行互动。它们将不仅知道有人在那里，还将知道是谁，以及那人的心情如何。当然，商人们十分想要获得我们情绪

的量化数据，但这些信息也能直接服务于我们，使我们的设备可以“敏感地”对我们做出反应，就像我们期待一个好朋友会做的那样。

在20世纪90年代我曾经与摇滚作曲家布莱恩·伊诺（**Brian Eno**）有过一场关于音乐技术迅速转变的谈话，尤其是音乐技术正从模拟制式奔向数字制式的。伊诺的成名源于他发明了我们现在所称的电子音乐，因此当我听说他放弃使用大量的数字乐器时还是很吃惊的。他主要的不满在于数字乐器上萎缩的互动界面，比如小小的把手、拨片，或者方形黑盒上安装的微小按键。他只能通过手指的移动来与这些乐器互动。相比之下，有触感的琴弦，桌子大小的琴键，或者传统模拟类乐器可供拍打的肉实表面，这些都可以为身体提供与音乐之间微妙互动的机会。伊诺告诉我，“电脑的问题在于没有足够的非洲元素。”他这样说的意思是，与电脑互动时只使用按键就像是只用你的手指尖在跳舞，而人们在非洲会用全身来舞动。

嵌入式的微型传声器、摄像机，以及加速器将一些非洲元素注入到设备里。它们提供的形象化特征，为的是让设备能够听到我们，看到我们，感受到我们。扇动你的滚动进度条，拿着一个Wii挥动你的手臂，晃动或者倾斜一个平板电脑。让我们把双脚、手臂、躯干、头部像手指一样都动起来。是否有一种方式允许我们让整个身体参与进来，推翻键盘的专权呢？

一个可能的答案首先出现在2002年的电影《少数派报告》（*Minority Report*）中。导演史蒂芬·斯皮尔伯格渴望在电影中展现出2050年时一个合乎情理的情境，所以他召集了一批技术专家和未来学家进行头脑风暴，以便构想出50年后日常生活的基本特征。我是这批受邀团队中的一员，而我们的工作就是描述将来的卧室环境，未来的音乐，以及更为关键的是，到了2050年你是如何在一台电脑上工作的？有一个普遍的共识就是，我们将会用整个身体和所有的感官与我们的机器进行交流。我们在其中已经加入了非洲元素，那就是站着工

作而非坐着。很快，我们就有了不同的看法。或许我们还应该加入一些意大利元素，那就是用双手与机器交流。约翰·安德考福勒（John Underkoffler）也是我们团队中的一员，他来自MIT媒体实验室，他关于这个场景的想法远远走在了我们前面，他构想出一种使用手部动作控制可视化的数据的工作原型机。安德考福勒的系统设想最终被电影场景采纳。例如汤姆·克鲁斯扮演的那个角色站在那里，举起他那戴着类似虚拟现实手套的双手，来回移动治安监控数据的组块，就像是在指挥音乐。在他与数据一起舞动时，还会不时发出声音指令。6年以后，电影《钢铁侠》（*Iron Man*）也采用这种展现方式。主角托尼·斯塔克也会使用他的手臂来指挥电脑投射出的虚拟3D化数据影像，像抓沙滩球一样抓住它们，把一组信息当作实体一样旋转。

上面的情形是电影效果，但将来真正的交互界面也很有可能会需要我们动用手掌以外的其他身体部分。把你的手臂展开置于身前持续一分钟以上，也是种不错的有氧运动。为了扩大运用范围，交互过程将会变得很像手势语言交流。将来的办公室职员将无需在一个键盘上敲击——哪怕是一个花哨亮丽的全息影像键盘也将是多余的，人们将会用新发明的一套手势语言与设备互动，那种语言与我们现在使用的有些类似，比如我们现在会通过手指的对捏来将影像变小，而手指的张开则可将影像扩大，同样当我们手指摆出两个“L”交错的方框造型时，代表我们在像照相机一样取景并选定一些事物。现在的手机几乎可以完美地实现语音识别（包括实时翻译），所以语音将是我们与设备互动的主要方式。如果你想得到一幅2050年时人们与便携设备互动的生动画面，可以设想一下人们仅使用自己的眼睛就能从屏幕上快速闪过的一堆选项中做出明确的“选定”，慵懒地发出一个勉强听见的咕哝声就能代表确认选项，并且手掌还在膝盖或腰部附近快速地摆动。在未来，一个人在喃喃自语，同时手掌还在身前舞动，就表明他正在用电脑工作。

不仅是电脑，所有的设备都需要互动。如果什么东西不能实现互动，那么它就会被作坏掉了。在过去的几年里，我一直在收集一些趣闻轶事，围绕的主题是数字时代中长大的一代人的行为表现。举个例子，我的一个朋友有个不到五岁的小女儿。就像如今的许多家庭一样，他们家没有电视机，只有电脑屏幕。有一次朋友带着女儿到另一家人那里做客，而碰巧那家人有电视，他的女儿就被大屏幕吸引了。她走向电视，在下方四处寻找，然后看看电视后面，问道，“鼠标在哪里？”一定得有种方式与这个电视互动吧！另一位朋友的儿子在两岁时就已经开始接触电脑了。有一次她和儿子在一家杂货店里购物，她站在那里解读一件商品的标签。儿子提示说：“点击它一下就行了。”当然，这个谷物食品盒子应该是可以互动的！一位年轻的朋友在一个主题公园里工作。有一次，一个小女孩给她照了张相，照完后，她告诉公园工作人员：“但这并不是真正的相机啊，它的背面并没有显示照片。”还有一位朋友的女儿刚刚学会说话，就接管了他的iPad，还没怎么学会走路，就可以用iPad里的App画画，并用App轻易地操作一些复杂的任务。有一天，朋友将一张高分辨率的照片打印到相片纸上，并将照片放在咖啡桌上。他注意到女儿走上前去，努力拖放照片想使它变大。她尝试着拖放了几次后，都没有成功，然后困惑地看着他：“爸爸，坏了。”就是这样，如果什么东西不能互动，那么它就是“坏”的。

即使是我们能想到的最死气沉沉的设备，一旦为它们加上感官功能，使得它们变得可以互动，就会获得巨大改善。在我们家中，有个老式标准的恒温器负责监控燃气炉。经过一次改造后，我们将其升级为Nest公司的智能恒温器，Nest的这个产品是由苹果公司的前员工组成的一个团队设计的，而最近Nest公司被谷歌收购了。这个Nest恒温器可以感知我们是否在场。它能分辨出我们是不是在家，是醒着还是在睡觉，以及是否外出度假。它的芯片与我们的云端相连，可以预测我们的生活习惯。久而久之，它构建出我们的起居模式，并能在我们下班回到家之前的几分钟内加热屋子（或给房子降温），在我们外出时关闭加热或降温系统。如果到了周末，或是我们在度假，它也会自

动适应我们的日程安排。如果察觉到我们突然回到家中，它会进行自我调整。所有的监测能帮我们节省大笔燃气开支。

随着我们与自己制造的设备之间的互动持续增加，我们将更加赞赏人造品的形象化特征。设备和我们的互动程度越高，口碑就越好，而我们的体验也会更棒。我们可能会在这个设备上花几个小时，因此它的制作工艺至关重要。人们偏爱交互式的产品，而苹果是第一家意识到这一点的公司。**iWatch**上的精致工艺设定是用来感受的。我们会不断地抚摸着**iPad**，在它充满魔力的表面上敲打，双眼紧盯屏幕几小时，几天，乃至几星期。一个设备绸缎般光泽的表面触感，画面闪烁时的流畅性，温暖或冰冷的机身，制造工艺的质量，闪烁灯光的温度，这些东西对我们来说意义重大。

有什么比穿着那些能够回应我们的设备更让人有亲密和互动感呢？电脑一直稳步地向我们靠近。起初，电脑被关在远处某个装着空调的地下室里，然后被搬到了离我们近些的小房间里。随后它们爬到了离我们更近的桌子上，再然后跳到了我们的大腿上，最近则溜进了我们的口袋里。电脑下一步的显然就是靠在我们的皮肤上。我们称之为可穿戴设备。

我们可以戴上识别增强现实效果的特殊眼镜。戴上这样一个透明的电脑（早期原型是谷歌眼镜）使得我们可以看到叠加在物理世界中的无形比特字符。我们在杂货店里检查一个谷物食品盒子时，可以按照那个小男孩的建议，在可穿戴设备里轻轻一点，就能看到商品的原始信息。苹果公司的**iWatch**也是一部可穿戴的电脑，它具有部分健康监测功能，但主要作用还是作为通往云端的一个方便入口。整个互联网和万维网的全部超强运算能力都能通过你手腕上的小巧方块传递。狭义上的可穿戴设备特指智能衣服。当然，小巧玲珑的芯片植入到衬衫中后，这件衬衫就可以让一台智能洗衣机了解自身最佳的洗涤周期，不过智能衣服更大程度上是服务于穿衣人的。（谷歌公司资助

的) **Project Jacquard**中使用的实验性智能布料中使用了导电线和柔性传感器, 织成了一件可以与之互动的衬衫。就像你在iPad上做的一样, 用一只手的手指在另一只手臂的袖子上滑动, 而这样做的目的也是一致的: 将一些东西展示到一块屏幕上, 或者你的眼镜上。智能衬衫的一个例子是美国东北大学研发的原型——**Squid**。它可以感觉(实际上是测量)出你的姿势, 并以量化的方式记录下来, 然后启动衬衫中的“肌肉”模块进行准确地收缩以保证你处于正确的姿势, 就像是一个教练所做的指导一样。戴维·伊格曼(**David Eagleman**)是得克萨斯州贝勒医学院(**Baylor College**)的一名神经学家, 他发明了一款能将一种感官功能转变成另一种的超级智能背心。这个感觉替代背心(**Sensory Substitution Vest**)可以记录背心中的微型麦克风发出的声音, 并将声波转换成失聪人士能够感觉到的震动。数月之后, 靠着穿这种背心, 失聪人士的大脑会自动将这种震动转化为声音, 从而重新获得“听”的能力。

你或许已经看到上述技术的到来, 而比起这种穿在皮肤上的技术更进一步的唯一方法, 就是延伸到皮肤表层下。我们让它们进入我们的大脑, 将电脑直接与大脑连接起来。通过外科手术在大脑中植入计算机模块对于盲人、失聪者以及瘫痪者确实能起作用, 让他们仅用思维就可以与这种技术互动。一次进入大脑的实验证明一个四肢瘫痪的女人可以利用自己的思维控制一条机械手臂, 捡起一个咖啡瓶, 拿到她的嘴边, 并喝到瓶中的东西。但这种高度侵入性的操作还没有被用作增益健康人的身体。实际上, 非侵入性的大脑控制器已经在日常工作和娱乐中得到广泛应用, 而且运作良好。我尝试过几次轻度的人机界面技术(**brain-machine interfaces, BMIs**), 实验中我仅通过思考就可以控制一台个人电脑。这类装置通常包含一个装有传感器的帽子, 类似小号的自行车头盔, 还有一条长长的电缆连接到个人电脑上。将它戴到头上时, 其内部大量的传感器触垫就会贴在你的头皮上。这些传感器会获得你的大脑电波, 而你经过一些生物反馈训练后就可以按照自己的意愿产生信号了。这些信号被编程后可以用于执行特定的操



作，比如“打开程序”、“移动鼠标”和“选定此项”。你可以学会“打字”。这种技术还很粗糙，但每年都在进步。

在未来的几十年里，我们将继续拓展更多可以与之互动的事物。拓展将遵循三个方向推进。

(1) 我们会继续给自己制造的事物添加新的传感器和感官功能。当然，每样事物都将获得视力（视觉功能几乎是免费的）、听力，以及GPS定位能力，但我们可以一步步地添加一些新能力，比如感温探测、分子敏感性（可称为嗅觉），以及一些超人才有的能力，比如X光透视，含氧量探测，或者癌症检测。这些功能使得我们的造物可以对我们进行反馈，与我们互动，它们还可以自我调整以配合我们的使用。就定义而言，互动性是双向的，所以这些感官能力借助技术反过来也提升了我们与技术的互动水平。

(2) 互动发生的区域将会继续向我们靠近。相比手表和手机而言，技术将会离我们更近。互动过程会变得更为亲密，一直发生着，并且无处不在。与人更亲密的相关技术是一个完全开放的前沿领域。我们认为技术在私人空间中已经饱和了，但20年后我们回顾过往时，会发现如今的技术离我们仍然还很远。

(3) 最大程度的互动会要求我们跳入到技术本身。这也正是虚拟现实技术允许我们实现的。计算成分离我们是那么近，以至于我们已经身处其中。在一个技术塑造的世界中，我们和他人之间的互动是以一种新的方式开展的（虚拟现实），与物质世界的互动（增强现实）同样如此。技术成为我们的第二层皮肤。

最近，我参加了一群无人机爱好者组织的活动，他们会在周日聚集到附件的一个公园里，用他们的小型四轴飞行器进行比赛。利用旗子和泡沫拱门，他们在草地上搭建出一个路线供无人机比赛。以这种速度驾驶无人机的唯一方式就是进入其中。这些爱好者在他们无人机

的前端装上了小摄像头，并且他们戴上虚拟现实眼罩以实现无人机视角的观察，这通常被称为第一视角（**first person view**，**FPV**）。现在他们和无人机融为一体了。作为观察者，我戴上了一套额外的眼罩设备，这套设备能借用他们摄像头的信号，所以我发现自己也坐在同样的飞行员位置上，看到了每个飞行员所看到的東西。这些无人机在路线上的障碍之间穿梭，互相追逐，偶尔会互相碰撞，这个场景令人回想起《星球大战》电影中的飞梭大赛。一个从小操控无线电飞机模型的年轻人说，将自己浸入到无人机里并从内部驾驶飞机是他一生最享受的体验。他认为几乎没有什么事情比这种真实的自由飞行更有趣。这里没有什么东西是虚拟的，飞行体验是真实的。

目前，自由探索类电子游戏结合了最大限度的互动和最大程度的现场感。过去几年来，我一直在观察十几岁的儿子如何玩主机上的电子游戏。我自己始终无法绷紧神经，在游戏的变种世界里活到4分钟以上，但是我发现自己可以盯着大屏幕看上一小时，目睹我儿子遭遇危险，射杀坏蛋，或者探索未知的区域和阴暗的建筑。

他与同龄的大多数孩子一样，会玩那些经典的射击游戏，比如《使命召唤》（*Call of Duty*）、《光晕》（*Halo*），以及《神秘海域2》（*Uncharted 2*），这些游戏通常都有关于战斗开展的故事脚本。然而作为一个旁观者，我最爱的是已经过时的一款游戏，《荒野大镖客：救赎》（*Red Dead Redemption*）。这个游戏的设定是西部牛仔生活的一个广袤无垠的国度。里面的虚拟世界是那样宽广，以至于玩家可以花大量的时间骑马探索峡谷和定居点，寻找事件的线索，目标含糊地游荡在这片大陆上。儿子为了完成任务会骑马去边陲小镇，而我会十分享受与他一起骑行的过程。这就像是一部你可以漫步其中的电影。这一游戏的开放式风格设计与十分流行的游戏《侠盗猎车手》（*Grand Theft Auto*）有些相似，但少了很多暴力元素。游戏中，没有人知道将会发生什么或者事情将会怎样发展。

在这个虚拟空间里，对于你可以去哪里没有任何限制。想要骑马去河边？可以。想要沿着铁轨追逐一列火车？可以。那么与火车并行，然后跳上去在火车车厢里骑马怎么样？也没问题！或者从遍布山艾树的荒野中穿行，从一个城镇赶到下一个？你可以从一个呼喊救命的妇女身旁骑行而过，或者选择停下来帮助她。每个行动都会带来后果。她可能真的需要帮助，也可能是强盗设下的诱饵。一位评论家曾这样说：“我真心感到意外和惊喜，居然可以在骑着我的马时朝它的后脑勺开枪，接着甚至可以把它的皮剥下来。”这样的一个虚拟世界与好莱坞大片有着同样程度的真实效果，而在其中自由地朝着任何方向行动令人沉醉。

游戏中充满互动细节的展现。《荒野大镖客：救赎》中的黎明十分壮观，太阳在地平线上慢慢开始发出光芒，气温也在逐渐升高。天气的效果会在这片大陆上鲜明地体现出来，这也是玩家可以感受到的。当瓢泼大雨落下时，原本沙黄色的土地会随着雨点的润湿而适当地加深颜色。有时薄雾会降临一座城镇，好似蒙上一层薄纱，并产生模糊不清的真实画面效果。每个山顶上的粉色调会随着夜晚降临而变得暗淡。事物的纹理会不断累积。烧焦的树木，干燥的灌木丛，表面粗糙的树皮，甚至每一块卵石或细枝，大小不一的各种事物都有着极其精致的细节描绘，简单的几笔涂抹就塑造出了完美的叠加阴影效果。这种对非关键表面的处理让人十分满意，对整体的奢侈雕琢让人赞叹不已。

这个游戏的世界范围很大。一名普通玩家可能需要花大约15小时来从头到尾体验一遍，而一个有精力的玩家为了取得所有的游戏奖励，需要花40至50小时来完成。游戏进行到每一个环节时，你都可以选择任意的方向来进行下一步，以及下一步的下一步，然而无论你怎么走，你脚下的草地形态都会很完美，每片草叶的细节都清晰可见，就好像游戏创作者预计到你在这个世界上踩到这一细小的事物。在游戏中亿万个地点中，你都可以仔细考察细节并可能获得额外奖励，

但这些美妙细节中的大多数将永远无人问津。沐浴在这个游戏自由而丰富多彩的温暖环境中会引发一种强烈的信念，即这个世界是“自然存在的”，它会始终留存，并且是很棒的。这个游戏世界有着完美的细节描绘，绝妙的互动效果可以一直延伸到地平线，人在其中的整体感受就如同沉浸于一个完整的世界里。理性告诉你这不是真的，但就像我们之前身处地面高空的木板一样，你身体的其他部分都认为这是真的。这种现实感就等待着虚拟现实互动效果的发展来实现全面的沉浸。然而目前，这些游戏世界的丰富空间环境还必须依靠2D形式浏览。

便宜实惠且多产的虚拟现实设备将构成一座体验工厂。我们可以利用它去体验一些十分危险的环境，避免亲自去尝试所带来的风险，比如交战地带，深海水域，或者火山地区。或者，我们也可以利用它来体验一些作为人类无法轻易尝试的活动，比如到胃里面看个究竟，到彗星表面考察一番。或者转换下性别，又或者变成一只龙虾。或者我们可以实惠地体验一些奢侈的活动，比如到喜马拉雅山来个低空飞行。然而这些体验通常是不可持续的。实际上人们之所以喜欢旅行，某种程度上就是因为我们只作短暂停留。起码在最初阶段，虚拟现实很有可能是一种我们需要不断沉浸并跳出的体验。它塑造的现场感是那么真实强烈，以至于我们可能只想进行少量体验。但对于我们渴望采取的互动类型，却没有任何限制。

如此众多的电子游戏是探索新型互动方式的先驱。游戏环境中无边无际的视野带来的互动自由只是一种假象。玩家或观众会被分配一些需要完成的任务，并会受到鼓励以促使其尽可能待在游戏里直到结束。游戏中的玩家行为会受到引导，并导向整个游戏章节中下一步的关卡节点，所以游戏最终还是有一个命运归宿的，而你作为玩家的选择也不是无关紧要的，但只能决定你游戏中积累的分数。整个游戏世界会有一个明确的发展方向，所以无论你在其中做出多少探索，随着时间的过去，你都将会遭遇一个不可回避的事件。当游戏中既定情节

与自由互动取得微妙平衡时，就会产生一种很棒的“游戏性”感觉——你成为了某种更大的事物的一部分，随之一同向前推进（游戏的情节设定），但同时你仍然掌控着一些东西（游戏进行的“自由度”），这是一种甜蜜的感觉。

游戏的设计者负责调整这种平衡，但真正将玩家推向某个特定方向的无形力量是一种人工智能。像《荒野大镖客：救赎》这种开放式游戏中的大多数动作，尤其是那些与游戏中配角的互动，实际上都已经由人工智能负责执行了。当你随意地驻足于一个农庄前，与牧牛工聊天时，他的反应之所以那么自然合理，是因为维持他运行的是一个人工智能内核。在虚拟现实和增强现实的其他方面，人工智能也能发挥作用。它可以“看见”并测量你在现实世界中真正站立的位置，以便据此将你传送到一个虚构的世界，还包括测量你身体的运动过程。无需特殊的追踪设备，一个人工智能系统就可以监测你在办公室内坐下、站立、走动等行为，并且将它们投射到虚拟世界中。一个人工智能系统还可以读取你在虚拟世界中的行动路线，计算出需要那种干涉来将你引导至某个特定方向，就像神在操纵一样。

在虚拟现实技术中有一个隐含的真相，那就是虚拟现实里发生的每件事情，无一例外都会被追踪记录。虚拟世界可以被界定为一个受到全面监控的世界，因为没有哪件虚拟现实中的事不受监控。这使得我们可以方便地实行游戏化行为——奖励分数，提升等级，或是根据贡献打分等，提供更多乐趣。然而，我们现在所处的物质世界已经装设了各种传感器和交互界面，这使得它已经变成了与虚拟世界类似的、可以追踪的世界。我们可以将这个布满传感器的现实世界设想成一个非虚拟的虚拟现实，而我们每天的大多数时光都在其中度过。当我们被周围的事物追踪时，实际上我们自己也在追踪自身以寻求自我的量化数据。我们可以使用与虚拟现实中类似的互动技术。我们将可以使用与虚拟现实中同样的手势与我们的设备、车辆进行沟通。我们可以采用相同的游戏化方式创建奖励机制，在现实生活中引导人们

向预先设定的方向前进。你可以通过各种行为积累分数度过一天，比如正确地刷牙，行走了10000步，或者安全驾驶。这种愿望的实现归功于这些行为都是可以被追踪的。你在日常小测验中表现优异将不会得到A+，而是获得等级提升。你也可以通过捡垃圾或资源回收来获得分数奖励。这样，不仅仅是虚拟世界，普通的生活也可以被游戏化。

在人类短短几十年的寿命期限中就能“扰乱”社会发展的第一个技术平台是个人电脑。移动电话是第二个平台，它们都是在短短的几十年里引发了社会中一切事物的变革。下一代颠覆性的平台就是虚拟现实，而它已经到来了。下面，让我们看看不久的将来，沉浸于虚拟现实和增强现实中的一天是怎样的。

我处在虚拟现实中，但不需要头戴式显示器。回溯到2016年，当时很少有人能做出这种惊人的设想，那就是你无需佩戴眼罩，甚至一副眼镜也不用戴，就可以获得“足够好的”基本增强现实效果。房间角落中隐藏的迷你光源可以将一个3D的影像直接投射到我的眼睛里，使得我无需在脸上佩戴任何东西。对于数万个应用程序中的大多数而言，这种增强现实的质量已经足够好了。

我首先打开的应用是“身份覆盖”。它能识别人们的面孔，并显示出他们的名字和所属团体，如果他们与我存在联系，也会一并显示出来。现在我已经习惯于它的存在了，没有它我就没法出门。我的朋友说还有几款准合法的身份类应用可以提供有关陌生人的大量即时信息，但你需要佩戴上一套设备以保证你查看的信息不外泄，否则你会因为行为粗鲁被标记。

我戴上了一副增强现实眼镜出门，为的是在我的世界中获得一种类似X光下的视野。我会先用它来找到良好的网络信号，眼镜中世界的颜色越偏暖色，代表我越临近网络带宽负荷高的地方。增强现实开启后，无论我看向任何地方的任何物体，都能召唤出这个地方历史上的模样，这个精巧的小功能在我到罗马游玩时常常使用。当我在罗马

斗兽场（Coliseum）遗迹上攀爬穿行时，能够看到一个完全3D的、未毁坏的斗兽场影像，其大小与遗迹一样，并且会随着我的移动保持同步变化。我还能通过眼镜看到其他游客留下的一些评论钉在城市中的各个小角落里，而这些可见的评论只能通过眼镜在特定地方看到。我也在一些地方留了些小便签，让其他人去发现。眼镜中还能展现出街道下面的地下供水管道和电缆，这一点尤其令我着迷。在我用过的这些神奇App中，有一款能够让你看到的每件事物上漂浮着美元标示的价值，还是用大大的红色数字显示。几乎我关注的每样事物都被应用程序覆盖，就行像幻影一样显示在事物周围。现在，大部分公共艺术都是3D幻象。在我们城市广场有一个精制的旋转3D投射影像，就像博物馆的艺术品展览一样，一年之中更换两次。在增强现实的世界里，市中心大多数建筑的外观都有另一种装扮，并且都由建筑艺术家设计。每次我行走在城市之中，它们看起来都是不一样的。

中学期间，我一直戴着虚拟现实眼罩。相比没有玻璃镜片的增强现实眼镜，这种轻型的虚拟现实设备可以提供更为生动的画面。在课堂上，我可以看到各种模拟过程，尤其是还可以反复观看指导步骤。我喜欢“制作者”课上的“幽灵”模式，课程内容有烹饪或者电子黑客。我就是通过这种方式学会如何焊接的。在虚拟现实课堂里，为了以正确的姿势抓握住虚拟的焊接条并对接上虚拟的钢管，我将双手直接重叠放置到老师的虚拟手位置上，我会尽可能地让自己的双手进入老师影像的阴影区里以保证动作准确。就这样，我的虚拟焊接成果就像我的动作一样完美。运动时，我会戴上一个全头盔式显示器，在一个真实的运动场地上，照着一个标准的幽灵身体模仿动作。借助这种360度视角的观摩我可以更有效地反复练习动作。即使在房间里，我也会花大量的时间进入虚拟现实世界里练习动作。如舞剑这样的运动，都完全是在虚拟现实中进行。

在我的“办公室”里，我会在额头上戴上一个增强现实面罩。这个面罩就像是一个弯曲的发带，大约有手掌那么宽。它与我的眼睛之间

隔开了几英寸，以便保证我全天佩戴时尽可能舒适些。这个功能强大的面罩会在我周围投放虚拟屏幕。大约有12块大小不一的虚拟屏幕，面对大量数据我也可以用双手全力应对。在我一天的工作中，会与虚拟同事进行大量的交流，这个面罩能够提供足够好的分辨率和运行速度。由于我能在一个真实的房间里看到他们，所以我在现实中也完全在场。同事的拟真3D化身能够按原比例准确地再现他们的真人样貌。我和同事通常坐在各自的真实房间的虚拟桌子前工作，虽然我们各自独立工作，但是我们可以走到对方的化身旁。我们互相交流，或者无意间听别人的讲话，就好像我们是在同一个房间里。召唤出一个化身是那么的简便，以至于即使我和同事就处在真实房间中的另一侧，我们也会在增强现实中见面，而不用走一段距离。

当我想细细品味下增强现实效果时，就会戴上一套增强现实漫游系统。我戴上特殊的隐形眼镜，它为我提供了360度的视野和无可挑剔的虚构的幻影形象。戴着这个眼镜时，我很难从外观上确定自己看到的东西是不是虚幻的，除非在有些情况下我大脑中的一部分能明确地意识到，比如一个7米高的哥斯拉怪兽矗立在街道上绝对是幻想的产物。我的每根手指上都戴着一个指环，用于追踪我的手势。藏在我衬衫和头带里的迷你镜头则可以追踪我的身体姿势。而我身上便携装备里的GPS可以追踪我的位置，定位精确到几毫米。这样一来，我在我的家乡漫步时就好像到了另外一个世界，或者一个游戏平台里。当我穿过真实的街道时，原本平常的物体和空间经过转换变得不同寻常。在真实的人行道旁边的一个真实的报刊架，变成了一个增强现实游戏中在22世纪才会出现的精致的反重力变换器。想要获得最大程度的虚拟现实体验，得有一套全身穿戴的虚拟现实装备。装备穿起来特别麻烦，所以我只是偶尔才会用上。我的家里有一套业余的虚拟现实套装，它包含一个直立盔甲，以防我摆动身体时摔倒。当我在虚拟现实里追杀龙时，就能进行全身的有氧运动了。事实上，很多人家中地下室里的健身器材都被虚拟现实盔甲取代了。但一个月中也会有一两次，我会与朋友来到当地的realie剧院，获得最先进的虚拟现实技术。



考虑到卫生，我穿上了自己的丝质内衣，然后钻进一套包裹四肢的可充气外骨骼设备里。这时，产生了令人惊奇的触感反馈效果。当我用虚拟的手抓住一个虚拟的物体时，我能感觉到它的重量，也就是施加在我手掌上的压力。这是因为充气设备正在以相应的压力值挤压我的手掌。如果在虚拟世界里我的胫骨撞到了石头，我腿上的护套也会适当地“撞”击我的胫骨，制造出一种完全真实可信的感觉。一个躺倒的座位会支持我的躯干，使我可以真实地感受到跳跃、翻滚，以及撞击。另外，以超高分辨率准确显示影像的头盔，双耳道的声音，甚至还有即时的气味，这些感觉共同营造了令人信服的现场感。在进入体验的两分钟时间后，我基本已经忘记了我真正的身体在哪里，我就在那个虚拟现实世界里。一个realie剧院中最棒的就是，有250个人在以同等的真实度与我共享这个世界，而且没有任何延迟。与他们一起，我可以在一个幻想世界里做些实际的事情。

虚拟现实技术还为用户带来了另一项好处。虚拟现实技术塑造的强烈现实感将原本互相矛盾对立的两种特征放大了。它提升了现实感，使得我们可能将虚假的世界当作真实的，这也正是一些游戏和电影的目标。同时，它又支持虚构，将假象发挥到极致。例如，在虚拟现实中可以轻易地扭曲物理现象，我们可以移除重力或摩擦力，或者将虚构的世界模拟成一个外星球环境，比如一个水下的文明世界。我们也可以让化身改变性别、拥有其他肤色，或是变成另一个物种。25年来，杰伦·拉尼尔就一直幻想着利用虚拟现实技术把自己变成一个会走路的龙虾。软件会将他的手臂换成龙虾的钳子，他的耳朵换成触须，他的脚换成尾巴，这些转变不仅仅是视觉形象上的，还会包括相应的运动机能。最近，在斯坦福大学的虚拟现实实验室里，拉尼尔的梦想变成现实了。现在，虚拟现实创造软件已经变得足够灵敏和强大，足以快速模拟出这种个性化的幻想。我也可以利用斯坦福大学的虚拟现实设备I号修改我自己的化身形象。在实验中，一旦我进入虚拟现实，我的手臂会变成双脚，而双脚会变成手臂。也就是说，我想要用虚拟世界中的脚踢东西，不得不挥动真实世界中的手臂。为了测试

这种倒置效果能否运行，我不得不用手脚来回拨弄飘在空中的气球。一开始，我的动作是笨拙、令人尴尬的。但惊奇的是，没过几分钟，我就可以自如地用手臂踢腿，用腿脚挥拳。斯坦福大学的教授杰瑞米·拜伦森（Jeremy Bailenson）将虚拟现实设备作为社会学研究实验室的终极工具，他发现人们通常只需4分钟就可以将大脑中的手脚操控的神经回路进行重新连接。我们的身体属性比我们认为的要更具流动性。

这样会引发一个问题，那就是想要确定网络上一个人的真实性变得极为困难。外部特征是易于操控改变的。有的人可能会把自己伪装成一只龙虾，但实际上他是一个留着长发的电脑工程师。以前，你还可以通过查看他的朋友状态来确认这个人的真实性。如果一个网络上的人在社交媒体上没有任何朋友，那么他很有可能就不是他所声称的那个人。但现在，黑客、罪犯、叛乱者都可以创造傀儡账户，而这种账户有着虚构的朋友以及虚构的朋友的朋友。他们还有皮包公司，并且这个皮包公司在维基百科上还有伪造的说明词条。脸谱网所拥有的最有价值的资产并不是他们的软件平台，而是他们掌控的近十亿人的“实名制”身份信息，而且这些信息是经过具有真实身份的朋友和同事认证过的。对这种持久性身份标识信息的垄断才是推动脸谱网取得卓越成就的真正动力，但这种垄断是脆弱的。在数字世界里，我们曾经用以证明我们是谁的常规方式——比如密码和验证图片，将不再能有效发挥作用。一张验证图片是一种可视化谜题拼图，对人类来说可以很简单地解决，对电脑而言则较为困难。而现在人们在解决这类问题时却遇到了困难，机器却可以轻松解决。密码也同样易于被破解或盗取。那么还有什么比密码更好的解决方式么？答案就是你自己。

你的身体就是你的密码。你的数字身份证就是你自己。虚拟现实技术会捕捉你的动作、追踪你的眼睛、识别你的情绪，并将你的特征尽可能压缩概括以便将你传送到另一个世界，同时还让你相信自己身在那里。为了实现这些目标，虚拟现实技术开发的所有工具、采取的所有形式，以及所有这些互动过程都是针对你而设计的，因此这也就

成为了你身份的证明。在生物测量学领域（追踪你身体信息的传感器背后的科学领域）有一个反复出现的令人惊奇的现象，那就是几乎我们所测量的每种生物特征信息就个体层面而言都是独一无二的。你的心跳模式是独一无二的，你的步态是独一无二的，你在键盘上敲击的节奏是与众不同的。另外，你使用最频繁的词汇，你坐下时的姿势，你眨眼的频率，以及你的声音，这些都是与他人不同的。当这些信息组合起来时，就可以形成一套几乎无法被仿造的元模式。实际上，这也就是我们在现实世界中识别他人时采取的方式。当我与你见面并被问及我们是否曾经见过这样的问题时，我的潜意识会将一系列的细微特征——声音、面孔、体形、风格、怪癖、举止——混在一起，然后综合判断出我们是否认识。在技术化的世界里，我们将采用类似的各种测量信息来考察一个人。系统会核查一个人的各种属性，包括脉搏、呼吸、心率、声音、面孔、虹膜、表情，以及数十种其他难以察觉的生物签名，并将这些信息与其声称的那个人（或事物）的特征匹配判断。这样，我们的互动方式将成为我们的密码。

互动的程度在提升，并且将继续提升。然而简单的非互动的事物仍将存在，比如木柄锤子。尽管如此，互动化的社会中越来越有价值的将是包括智能锤子在内的那些可以互动的事物。可是，高互动性也会带来一定的成本。想要互动，就需要掌握技能、学会配合、多加体验，并加强学习。我们需要把自己嵌入到技术中，并培养自身能力。之所以如此，更因为我们才刚刚发明出互动的新方法。未来的技术发展很大程度上将取决于新型互动方式的发掘。在未来的30年里，任何无法实现密切互动的事物都将被当作“坏”掉的东西。

---

[1] 电影《星球大战》中的经典机器人角色。——译者注

[2] Burning Man festival，美国一个民间组织发起的反传统狂欢节，每年在内华达州黑石沙漠中举行。——译者注

[3] 日本任天堂公司于2006年推出的第五代家用游戏机，其第一次将体感引入游戏，具有革命性意义。——编者注

[4] 电影《星球大战》中的经典机器人角色。——译者注

## 第10章

# 追踪 Tracking

我们并不了解自己。通过测量与自身相关的数据揭露我们隐秘的天性，是一项只有短暂历史的不凡工作。直到不久前，一个人得绞尽脑汁才能想到办法测量与自身相关的数据，同时不被自己误导。用科学方法实现自我追踪是昂贵、繁琐、有局限的。但在过去几年里，廉价的微型数字传感器能轻易记录各类不同的参数，以至于几乎人人都能测量上千种和自身有关的数据。这些涉及自身的实验已经开始改变我们对医疗、健康和人类行为的看法。

透过数字技术的魔力，温度计、心率监测仪、运动追踪器、脑电波探测仪以及上百种其他的复杂医疗设备都能缩小到和书上的字，甚至标点一样大。这些肉眼可见的测量设备能够嵌入手表、衣服、眼镜、电话，或者是房间、汽车、办公室以及公共空间这些操作成本不高的地方。

2007年春天，我住在加州北部。一天，我和一位医生朋友艾伦·格林（Alan Greene）在屋后杂草丛生的小山上徒步旅行。我们一边沿着泥泞的小路向山顶缓缓行进，一边讨论当时的一项新发明——塞进鞋带中的微型计步器。它能记录下每一步，然后将数据储存在iPod中便于以后分析。我们可以利用这台微型设备计算出爬山消耗的卡路里，或是追踪我们一段时间内的锻炼模式。

一周后，我和《连线》杂志记者加里·沃尔夫（Gary Wolf）又在同样的地方徒步旅行。他对这些新兴自我追踪装置的社会意义感到好奇。当时此类设备总共只有十多种，但我们都预见到，当传感器不断变得更智能时，追踪技术将大行其道。这是一种怎样的文化趋势？加

里指出，当我们依赖数字而不是文字时，将构建出一个“量化自我”。2007年6月，加里和我在网上宣布，将召开一次“量化自我”见面会，欢迎所有认为自己正在实践这类行为的人参加。我们没有给“量化自我”下具体定义，想看看会有哪些人出现。第一次活动中，超过20人来到了我在加州帕西菲卡市的工作室。

他们追踪的项目种类之多让我们大吃一惊。他们用可量化的单位测量自己的饮食、体质、睡眠模式、心情、血液因子、基因、地理位置，等等。有些人还自己制造设备。有人为了把力量、耐力、专注力和效率提升到极限，花了5年时间实行自我追踪。如此进行自我追踪是一般人难以想象的。今天，全世界有150个量化自我团体，超过30,000名成员。8年以来，每个月都有人在量化自我大会上展示一种之前看来几乎不可能实现的巧妙新方法，追踪生活的某个方面。即便有人因为某种极端的个人习惯显得格外突出，他的行为不久也会被看作是稀松平常的。

计算机科学家拉里·斯马尔（Larry Smarr）追踪了大约100项健康数据，包括他的皮肤温度、皮肤电反应以及血液生化指标。每个月他都排列出自己粪便中微生物的组成，而这反映了他的肠道微生物系统组成情况。这个领域正迅速成为医学界最有前景的前沿方向之一。有了这个数据流，再加上大量的业余医学调查资料，斯马尔在没有医生提示症状的情况下，诊断出自己患有克罗恩病（Crohn's disease），或溃疡性结肠炎。外科手术证实了他的诊断。

斯蒂芬·沃尔夫勒姆是发明Mathematica的天才。这是一款智能数学处理软件（相对于文字处理软件）。作为一个痴迷数字的人，沃尔夫勒姆将他的计算能力用在了1700万份与自己生活有关的文件中。他处理了自己25年来收发的所有邮件，还记录了13年来自己每一次的键盘敲击、通电话、脚步移动、在家中和办公室里的不同房间穿梭的轨迹以及出门后的GPS位置。他追踪了自己写书和写文章时修改校订的

次数。借助自己发明的Mathematica软件，他把自我追踪变成了一种可以展示几十年来自己日常生活模式的“个人分析”引擎。有些模式是难以察觉的，比如他在分析自身的数据之前并不知道自己在一天中什么时候效率最高。

设计师尼古拉斯·费尔顿同样在过去5年里追踪并分析自己所有的邮件、信息、脸谱网和推特上的帖子、通话以及旅行记录。每年他都生成一份年度报告，将前一年的数据结果形象化。2013年，他总结道，自己平均每天有49%的时间是高效的，但星期三效率最高，达到了57%。他的独处时间占总时间的43%，睡眠时间占总时间的三分之一（32%）。他使用这份定量综述来帮助自己更好地记忆曾经见过面的人的名字。

在量化自我会议上，我们看到有人追踪自己的习惯性拖拉行为、喝咖啡的量、警觉程度以及打喷嚏的次数。老实说，任何可以追踪的事物都有某个地方的人在进行追踪。在最近的国际量化自我大会上，我提出了这个挑战：让我们想一个最不可能测量的事物，看看有没有人在追踪测量。于是我询问500名自我追踪者：“有人追踪自己指甲的生长状况吗？”这看上去十分荒唐，但还是有一个人举起了手。

更微缩的芯片、更强劲的电池以及云端连接激励了一些自我追踪者尝试时间跨度很长的追踪，尤其在健康方面。大多数人每年去医院检查一次身体的某些健康指标就不错了。试想，如果看不见的传感器每天都测量并记录你的心率、血压、温度、血糖、血清、睡眠模式、体脂、活动水平、心情、心电图、脑功能等，你会得到关于每项指标的上万个数据点。你能掌握自己一年中各个时间段、各种状况下的身体数据，包括放松或压力大时、生病或健康时。几年后，你就能精确地了解什么是自己的常态，即指标水平在其中波动的狭小范围。在医疗中，常态是一个假想的平均状态。某人的常态并不适用于另一个人，反之亦然。平均的常态对具体某个人来说作用不大。然而，通过

长期的自我追踪，你会得到个人的基准水平，也就是你的常态，当你感觉不舒服或想用自己的身体做实验时，这个常态会很有价值。

不久的将来，一个极其个人化的身体记录数据库（包括完整的基因序列）可以用来打造个人治疗方案和个性化医疗。科学能够通过你生活的日志，为你专门生成治疗方案。例如，家里的一台智能的个性化制丸机能够完全按照你当前的身体状况把药物进行混合。如果早上的治疗减缓了症状，系统还会调整晚上的剂量。

目前，标准的医学研究方法就是在尽可能多的受试者身上做实验。受试者数量（ $N$ ）越多，研究效果将越好。当 $N$ 等于100000的随机人群时，我们才能根据实验结论推测一个国家的状况，因为此时受试人群中的离群个体对结果的影响在经过平均后能够消除。事实上，由于经济原因，大多数医学实验的参与者都不到500人。当然，科研中的 $N=500$ 时，如果操作谨慎，就能通过药物批准。

另一方面，如果一项量化自我的实验中的 $N$ 只有1，受试者就是你自己。你开始可能会觉得 $N=1$ 的实验在科学上是无效的，但是这对你个人来说是极其有效的。从多方面看来，这是一个理想实验，因为你所测试的变量 $X$ 是特定对象，即你的身体和心智在某一时刻的即时状况。谁会关心治疗是否对他人有效呢？如果想了解治疗是否对你有效，那么一个 $N=1$ 的实验提供的结果完全适用。

$N=1$ 的实验（是科学时代之前所有医疗的标准程序）真正的问题不在于它的结果没什么用处（其实是有用的），而在于它很容易误导你自己。我们对于身体、食物、世界的运作（例如蒸发理论、振动理论和细菌理论）都有直觉和期望，而这些会让我们忽视真正发生的事情。我们猜测疟疾是空气不好导致的，于是搬到更高的地方住，这确实带来了些许改善。我们猜测麸质会导致臃肿，于是倾向于找到生活中支持这项猜测的证据而忽视那些认为麸质和臃肿无关的反面证据。受到伤害或感到绝望时，人们尤其容易受偏见影响。 $N=1$ 的实验要想



成功，必须将测试者的期望和受试者的期望分开，但由于一个人同时具有两种身份，这是极其困难的。为了克服这种固有的偏见，人们发明了大量受试者参与的随机双盲测试 [\[1\]](#)。由于受试者不知道他们的测试考察的是什麼，因此不可能带有偏见。在自我追踪的新时代中，我们用自动化装置克服部分 $N=1$ 的实验中自我误导的问题（在传感器长时间的多次测量中，受试者会“忘记”测试这回事）。我们还能追踪多个变量从而分散受试者的注意力，然后使用统计工具尝试发掘出模式。

从许多针对大数量总体的传统研究中我们了解到，治疗起作用常常是因为我们相信它有作用。这又被称作安慰剂效应。这些量化自我的追踪并不完全拒绝安慰剂效应，它们反而与安慰剂效应共同起作用。如果干预过程带来了可测量的改善，那么它就是有效的。我们关心的不是这种改善是否来自安慰剂效应，而是它能否对这个唯一的受试者起作用。因此，安慰剂效应可以是正面的。

在正式研究中，你需要一个对照组来抵消对于正面结果的偏见。在 $N=1$ 的实验中，量化自我实验者，用自身的基准水平代替对照组。如果你追踪自己的时间足够长，指标足够多，就能在实验之外（或之前）建立你的表现模式，在对比时可以作为对照组有效地使用。

这些关于数字的讨论都掩盖了一个关于人类的事实：我们的数学直觉很差。人类的大脑不擅长统计。数学不是我们天生的语言。甚至在解读非常形象化的图表以及数值图时我们也需要高度集中注意力。从长远看，量化自我过程中的量化成分会变得不明显。自我追踪将远远超越数字化的范畴。

举个例子，2004年，德国的信息技术经理乌多·瓦赫特（Udo Wachter）把一个小数字罗盘的内芯取出来焊接到一条皮带上。他绕皮带一圈埋入了13条压电振子，也就是让智能手机振动的零件。

最后，他入侵电子罗盘的系统，让它不在圆形屏幕上显示北的方向，而是让连成一圈的皮带的不同部位产生振动。皮带上“对着”北方的部位会一直振动。当乌多系上皮带后，他就能通过腰部感受北的方位。不到一周时间，他对北的方位感觉就准确无误了。他不用思考就能指出北的方向，他是无意识的，但就是知道。几周后，他的位置感得到了增强，就好像他能感觉到一座城市的地图。数字追踪产生的量化信息被结合到了全新的身体感觉之中。长远看来，这是我们身体传感器中许多数据流的最终归宿，它们将不再是数字，而是新的身体感觉。

这些新的合成感觉不仅仅是娱乐性的。我们的自然感觉在数百万年的演化过程中确保了我们可以一个匮乏的世界生存。没有足够的能量、盐或脂肪对我们是残酷的威胁。马尔萨斯和达尔文指出，每个生物种群都会扩张到将要发生饥荒的极限。今天，在技术带来的富足世界中，生存的威胁来自过量的菁华物质。太多的菁华打破了我们新陈代谢和心理的平衡。而我们的身体还不太能留意到新的失衡状况。演化过程中，我们不能够感觉到血压和血糖水平。但是技术能做到。比如，**Scanadu**的**Scout**这个新型自我追踪设备，尺寸和瓶盖一样，只要用它接触你的前额，它就会一次性测量出你的血压、变化的心率、心脏功能（心电图）、氧水平、体温和皮肤电传导。不久它也将能测量你的血糖水平。最终你会把它穿戴在身上。这些信息不以数字形式而是以我们能感觉的方式反馈给我们，比如腰部的振动、臀部的挤压。设备会让我们获得对于身体的新感觉，这是我们没有演化出来但却亟需的感觉。

自我追踪的范畴远远大于健康。它涵盖了我们的整个生活。微型可穿戴的数字“眼睛”和“耳朵”能够记录我们一天中每分每秒的所见所闻，从而帮助我们记忆。我们储存的一连串电子邮件和信息构成了记录自身想法的日志。我们还可以记录听过的音乐、读过的书和文章以及去过的地方。我们日常的走动和会面，以及非常规的事件和经验中的重要细节，也能被数据化，并汇集成基于时间顺序的流动信息。

这种流动信息被称作“生活流”（lifestream）。计算机科学家大卫·格勒恩特（David Gelernter）于1999年首先描述了这个词。他构想的“生活流”不光是一个数据档案，还有一种新型的计算机界面组织方式。基于时间顺序的“流”将代替桌面，而“流浏览器”将代替网页浏览器。格勒恩特这样定义“生活流”的架构：

“生活流”是按时间顺序排列的文档“流”，相当于你的电子化生活日记。你建立和收到的所有文档都会被储存在你的“生活流”中。“流”的底端是过去的信息（从你的电子出生证明开始）。远离底端，也就是向现在的方向移动，“流”更多地包含最近的文档，比如图片、通信、账单、电影、语音信息、软件等。从现在向未来的方向移动，“流”包含着你将来需要的文档：提醒、日历项目、待办事项。想象一下，有一本日志会自动翻页，能追踪你生活中的每一个瞬间。你可以坐等新文档的到来，它们会落在“流”的前端位置。向下移动指针浏览你的“流”，或点一下屏幕上的文档，弹出的页面包含文档的内容。你可以往回查看或看一看未来一周甚至十年应该做什么。你的整个计算机网络人生会呈现你的面前。

每个人都会生成自己的“生活流”。当我遇见你时，我们的“生活流”就在某个时刻发生了交集。如果我们预备下周见面，交集将发生在未来；如果我们去年见过面或出现在一张照片里，那么交集发生在过去。丰富的交织关系让我们的“流”变得异常复杂，但是每个人的“流”都严格遵照时间顺序，因而非常容易导航。我们会自然而然沿着时间线定位一个事件。比如“这发生在圣诞旅行之后，但在我的生日之前”。

关于“生活流”作为一种结构性隐喻的好处，格勒恩特说：“‘我把这条信息放在哪儿了’这个问题，总是只有一个准确的答案——在我的‘流’中。与文档层级相比，时间线、纪年表、日记、日报、剪贴簿这些概念在人类的文化和历史中更加根深蒂固。”格勒恩特对一名Sun

公司的计算机代表说：“当我获得一段新的记忆——比如，某个阳光明媚的下午与梅丽莎在‘红鸚鵡’酒店外的一次交谈——我不用命名这段记忆或是把它塞在某个目录下。我可以使用记忆中的任何内容作为检索的关键词。我也不需要命名电子文档，或把它们放进目录。我只要获得他人的许可，就能把他人的‘流’混入我的‘流’中。反映我电子生活的个人‘流’可能混入包括我所属团体或组织的其他‘流’。最终，我的‘流’中还将混入诸如报纸、杂志等各种类型的‘流’。”

从1999年开始，格勒恩特多次尝试开发其软件的商业版本，但一直未能成功。一家购买了格勒恩特专利的公司曾起诉“苹果”公司，认为“苹果”盗用“生活流”的想法并用在自家的“时间机器”备份系统上（在“苹果”的时间机器上，要想恢复一份文件，你只要滚动时间线，回到需要的日期，就能得到包含当时计算机上所有内容的“快照”）。最近，格勒恩特和儿子丹尼尔再次尝试开发一款运用“生活流”的商业化产品，叫做Dittach [2]。

事实上，我们已经在使用一款（至少部分包含）“生活流”产品，那就是脸谱网。你的脸谱网“流”是包括照片、新消息、链接、提醒以及生活中其他文件在内的流动信息。新的内容被不断地添加到“流”的前端。如果愿意，你可以在脸谱网中加入能捕捉你正在听的音乐或正在播放的电影的小控件。脸谱网还提供了时间线界面，方便你回顾过去。超过十亿人的“流”能与你发生交集。朋友或陌生人在帖子上点“赞”或标记出照片中的一个人，两股“流”就有了交叉。每天，脸谱网都在把更多时事或新闻“流”以及公司快讯加入“世界流”之中。

但这些只是部分内容。“生活流”是一种主动且有意识的追踪。当人们从相机中抓取照片、标记朋友或是刻意在“四方网” [3]（Foursquare）上的某个地点签到时，他们就在主动地管理自己的“流”。甚至他们的Fitbit [4] 数据，包括步数计算，也都是主动的，

因为这些数据存在的目的就是想要获得人们的关注。如果不进行某种程度上的关注，你就不能改变自己的行为。

无意识且不主动的追踪同样重要。这种被动的追踪方式有时被称作“生活记录”（**Lifeloggging**），也就是简单、机械、不动脑筋地完整记录下一切，或者说不偏不倚地记录生活中所有可记录的事物。你将来可能会用到它时才去关注它。由于大部分内容永远都用不上，“生活记录”是一个包含巨大浪费的低效过程。今天，由于计算、存储和传感器设备十分廉价，这种浪费几乎没什么代价。但是，对于计算的创造性“浪费”是许多最成功的数码产品和公司的“秘方”。“生活记录”的优势同样在于它对计算的奢侈使用。

最早进行“生活记录”的人之一是20世纪80年代中期的泰德·尼尔森（**Ted Nelson**）（尽管他当时并没有这个概念）。发明了术语“超文本”的尼尔森把自己与任何人在各地发生的对话用录音带或录像带记录下来，这些对话的重要程度各不相同。因为和上千人见面及交谈，于是他租来一个大型集装箱，里面塞满了带子。他的后继者，90年代麻省理工学院（如今在多伦多大学）的史蒂夫·曼（**Steve Mann**）用一个头戴式摄像机记录自己的日常生活。25年来，摄像机在他醒着的时候一直开着，记录下一年到头来每天发生的事情。他的装置在一只眼睛的上方包含一个微型屏幕，而镜头能从第一人称视角进行记录，预示着20多年后谷歌眼镜（**Google Glass**）的诞生。由于相机遮住了他的半边脸，周围人会感到不自在，但他还是无意识地随时记录自己的整个生活。

当然，微软研究院的戈登·贝尔（**Gordon Bell**）或许才是模范的“生活记录”实践者。从2000年开始的6年里，贝尔在一项被他称为**MyLifeBits**的大型实验中，记录下自己工作的方方面面。贝尔脖子上戴着一个特制的微型摄像机，它能注意到附近人的身体热量，并且每60秒拍摄他们一次。贝尔的身体相机在检测到光线发生变化时，也会

拍下一张照片。贝尔记录并储存自己在电脑上的每次敲击、每封邮件、每个访问过的网站、电脑上的每个窗口以及它们打开的时间。他还记录了自己的许多对话，过去说过的话与别人产生分歧时，可以“回滚”或倒带查看。他还把收到的所有文件扫描成数字文档，并在征得当事人同意的情况下把所有电话交流记录下来。这项实验的初衷，部分在于微软想找出用来帮助员工管理生成的海量数据的某种“生活记录”工具，因为解释这些数据远比仅仅记录它们更有挑战。

创建完整的回忆是“生活记录”的重点。一份“生活记录”记载了生活中的每件事，因此它能帮你恢复那些大脑可能忘记的事情。当生活被附上索引并完全储存在“生活记录”中时，你就能像使用谷歌那样搜索你的生活。我们的生物记忆力十分不稳定，因此任何补偿都有巨大作用。贝尔的实验版完整回忆工具帮助他提高效率。它能从以前的对话中验明真相或者重获自己忘记的见解。在他的系统中，将生活转换成数字化记录不成问题，但是读取有意义的数据需要更好的工具。

受到戈登·贝尔的影响，我在衬衫上夹着一个微型相机。这款 **Narrative** 相机的大小约1平方英寸。只要戴上相机，它每分钟都会拍摄一张照片。如果轻触两下机身，它就会拍摄一次。照片在云端进行处理，然后发回手机或存在网上。**Narrative** 的软件能按一天中的生活场景智能分类图片，并在一个场景中选择最具代表性的三张照片，这样大大减少了照片传输量。使用照片概览，我可以先快速浏览一天内的2000多张照片，接着展开某个具体场景找到我想要的某个瞬间。我可以在1分钟内轻松地浏览一天的“生活流”。

虽然照片的分辨率够高，效果也很自然，但是因为沒有构图（镜头随衣服移动），并且是“随机”拍摄，因此不适合分享。人们可能没被拍到头部，或是在眨眼睛，又或者被一张随机的房间图挤掉，更别说拍出文艺范了。这种“生活记录”类的照片作为详尽的视觉日志，一个月中只要产生几张有价值的照片就足够了。

Narrative公司发现，典型的用户在参加会议、度假或是想记录一段经历时会使用他们的产品，其中重现会议场景的效果最理想。持续拍摄的相机能够捕捉很多初次见面的人，而多年后你只要浏览一下自己的“生活流”，很容易就能想起他们以及他们说过的话，比名片更好用。“生活流”照片能有效地提示我们有关度假的回忆以及家庭生活中的大事。例如，我最近就在外甥的婚礼上使用了Narrative相机。我的记录不仅包括了人人分享的标志性时刻，还有与陌生人之间的对话。这一代Narrative相机不能保存声音，但是下一代产品将包含录音功能。贝尔在研究中发现，信息量最大的媒体是有照片作为提示和索引的音频信息。

使用拓展版的“生活记录”有这四条好处：

- 它能365天、一周7天、每天24小时地全时段监控身体测量数据。想象一下，如果我们持续地对血糖水平进行实时监控，公共医疗会发生怎样的变化？如果你能实时监控是否有生化物质或毒素从周围环境进入血液中，你的行为将发生怎样的变化？（你或许会说：“我再也不想回到这里！”）这些数据既可以作为预警系统，也可以作为诊断疾病或用药的依据。

- 它能提供包括你遇见的人、和他人的对话、去过的地方、参与过的事件在内的互动记忆。你可以搜索、获取或是分享这些记忆。

- 它能提供包括所有你生产的東西、写下的文字或说过的话在内的完整存档。深层次的分析能够帮助你提升效率和创造力。

- 它能提供一种组织、构造以及解读你自身生活的方式。

只要分享“生活记录”，我们就能利用信息档案协助他人工作以及扩大人脉。在生物领域，分享医疗日志能迅速加快医疗发现的进程。

许多怀疑者认为，两大挑战让“生活记录”注定只能在小范围内流行。

首先，目前的社会压力让自我追踪看上去是件十分怪异的事。拥有谷歌眼镜的人不喜欢自己戴眼镜的样子，并且和朋友在一起时用眼镜进行记录，甚至解释自己为什么不记录都让他们感到不适，于是很快把眼镜丢在一边。就像加里·沃尔夫所说：“在日记本上写日记值得钦佩，但在电子表格上写日记让人起鸡皮疙瘩。”但我相信，我们很快会发明新的社会规范和技术革新来确定“生活记录”在哪些情况下是合适的。20世纪90年代，当最早的一批人开始使用手提电话时，刺耳的电话铃声着实可怕。在火车上、浴室中或电影院里，手提电话发出高分贝的刺耳声响；通话时，人们扯着嗓子，说话声与铃声一样大。如果当时的人设想人人拥有手机的未来生活，脑中只会浮现一个永不消停的喧闹世界。如今我去看电影时，即便周围人都有手机，也不会听到铃声，甚至看不见发光的屏幕，因为这些事情被认为是不合适的。我们会发展出类似的社会习俗以及技术解决方案，让人们接受“生活记录”。

其次，当每个人每年产生的数据量达到拍字节或艾字节，而“生活记录”如何发挥作用呢？没人能遍览这海量的数据，你将毫无头绪地淹没在数据的海洋中。如今的软件大致都存在这个问题。解释数据是一项极其耗时的工作，你必须精通计算，技术熟练并且充满动力才能从数据长流中萃取有意义的信息。所以，自我追踪仍是小众的活动。然而，廉价的人工智能将能克服大部分问题。研究实验室中的人工智能已经能够筛选亿万条记录，让有意义的重要模式显现出来。举个例子，只要价格便宜，谷歌用来描述一张随机照片内容的人工智能技术可以被拿来解读我衬衫上的Narrative相机里的照片。我只要用最简单的语言询问Narrative相机，它就能寻找多年前我参加的聚会上某个戴着海盗帽的家伙，如果确有其人，那么我们俩的“流”也将发生联系。或者我还可以询问自己待在哪些房间时心跳会加快，影响因素是房间



的颜色、室内的温度还是天花板高度？这些现在看起来有些奇特的要求在10年后，将会是很平常的机械命令，就像如今司空见惯的谷歌搜索在20年前看来很神奇。

然而，这些还不够全面。我们作为网络中的人，会进行自我追踪，并且大多数人都会追踪自己的生活。但是网络上除了人，还有更多的事物，数以亿计的事物也会追踪自己。几十年后，任何被生产出来的东西都将包含一块能联网的芯片。广泛联网带来的一个结果就是，我们可以精确地追踪一样东西是如何被使用的。例如，从2006年开始，每辆出厂轿车都在仪表盘下装有一块OMB芯片，用来记录车的使用情况。它会追踪汽车的行驶里程、车速、急刹次数、过弯速度以及油耗。最初设计这些数据是用来协助车辆的维修。如果你愿意提供OMB驾驶记录，一些保险商，如Progressive公司会降低你的汽车保险费用。驾驶方式越安全的人支付的费用越低。汽车的GPS定位也能被准确追踪，因此驾驶员在哪些道路上行驶以及行驶的频率可以成为征税的依据。我们可以把这种道路使用费看作虚拟收费站或是自动征税。

物联网的设计是用来追踪数据，这也是它所处的云端的本质属性。在未来5年中，我们预计云端中加入的340亿联网设备将会用来传输数据。云端的作用则是保存数据。任何接触云端的东西都能被追踪，也一定会被追踪。

最近，在研究员卡米尔·哈特塞尔（Camille Hartsell）的帮助下，我整理搜集了美国所有对我们进行常规追踪的设备和系统的清单。这里的关键词是“常规”。我排除了那些黑客、罪犯或网络部队使用的非常规的追踪手段。我还略过了美国政府部门想要追踪某些特定目标时运用的手段（政府的追踪能力和他们的预算成正比）。这张清单包含了一个普通人在平常的生活中可能遇到的追踪手段。每个例子都有官方来源，或是出现在主流出版物上。

**汽车活动** ——从2006年开始，每辆车都包含一块芯片。当你发动汽车时，它就开始记录车速、刹车、过弯、里程、事故等状况。

**高速公路交通** ——高速公路上的柱子和测速器上安装的摄像头通过车牌和快速追踪标志记录汽车的位置。每月有7000万个车牌被记录。

**拼车软件** ——优步、Lyft和其他零散的打车软件记录你的旅程。

**长途旅行** ——你的航空和铁路行程被记录。

**无人侦察机** ——“捕食者”无人侦察机监控美国边境的活动。

**邮政信件** ——你寄出或收到的每封信的表面信息都被扫描并数字化了。

**公用设施** ——你的用水和用电模式都被公共设备记录了（目前没有垃圾分类信息）。

**手机位置和通话记录** ——你通话的时间、地点和对象（元数据）会被储存数月。有些手机供应商通常会把信息和电话的内容储存几天到几年不等。

**民用摄像头** ——在大多数美国城市的中心地带，摄像头24小时不间断地记录你的活动。

**商业和私人空间** ——如今，68%的公立机构主管、59%的私人企业主、98%的银行工作人员、64%的公立学校人员以及16%的业主在摄像头下生活或工作。

**智能家居** ——智能恒温调节器（如Nest）检测你是否在家，同时记录你的行为模式，并将这些数据传输到云端。智能插座（如

Belkin) 监控你的用电量和用电时间并把数据分享到云端。

**家居监控** ——视频摄像头记录你在家或四周的活动，将数据储存在云端服务器。

**互动设备** ——你传达给手机 (Siri, Now, Contana)、主机 (Kinect) 或环境话筒 (亚马逊Echo) 的语音命令和信息在云端被记录和处理。

**商场会员卡** ——超市能追踪你购买的物品。

**电子零售商** ——亚马逊之类的零售商不仅追踪你购买的东西，还有你浏览或想买的东西。

**美国国家税务局 (IRS)** ——国税局追踪你一生的财务状况。

**信用卡** ——显然，所有的购买行为都被追踪了。信用卡和复杂的人工智能相结合形成模式，揭示你的人格、种族、癖好、政治观点和爱好。

**电子钱包和电子银行** ——诸如Mint一类的信息采集组织追踪你的贷款、房贷以及投资等完整的财务状况。类似Square和Paypal这样的钱包软件追踪你的购买情况。

**人脸识别** ——脸谱网能在他人上传的照片中辨认 (标记) 你的头像。照片的拍摄地点代表了你过去所处的位置。

**网络活动** ——网页广告cookie追踪你上网时的举动。上千家顶尖网站中有80%利用网页cookies追踪你在网上的行踪。通过与广告网络 (adnetworks) 的合约，你没有访问过的网站也能得到你的浏览历史。

**社交媒体**——它们能辨认你的家庭成员、朋友以及朋友的朋友，还能追踪你以前的老板以及现在同事，也能了解你如何度过闲暇时间。

**搜索引擎**——谷歌默认永久记录你查询过的所有问题。

**流媒体服务**——他们能追踪你看过哪些电影（Netflix）、音乐（Spotify）、视频（YouTube）以及你的评论时间和内容。有线电视公司会记录你的观看历史。

**读书**——公共图书馆会保存你的借书记录一个月。亚马逊永久储存你的购买历史。Kindle监控你的电子书阅读模式，包括你的阅读进度、阅读每页的耗时以及停止阅读的位置。

**健康追踪**——你进行身体活动的时间、地点通常会被24小时不间断记录，其中还包括每天睡觉和起床的时间。

很容易设想，能够整合所有这些“流”的机构将拥有多么巨大的权力。因为聚集这些内容在技术上十分便利，人们会害怕“老大哥”的到来。当然，目前大多数“流”都是独立的，数据并没有被整合或关联。其中，几类数据可能被捆绑在一起（比如信用卡和媒体的使用），但总体看来，不存在类似“老大哥”的大规模整合“流”。政府行动缓慢，因此其作为远远落后于技术上能达到的程度（他们自身的安全措施落后几十年）。还有隐私法案这道来之不易的“薄墙”，阻止了美国政府整合这些“流”的行动。然而，企业整合数据的行为几乎不受法律制约，因此许多公司成了政府的数据收集代理方。客户的数据是商场中的新财富，因此可以肯定：公司（和间接意义上的政府）将收集更多数据。

根据菲利普·K·迪克的短篇小说改编的电影《少数派报告》，描述了一个不太遥远的未来社会，其中监控系统能在罪犯作案前将他们抓

获。迪克称这种干预为“预防犯罪”侦查。我曾经认为迪克“预防犯罪”的概念是不现实的，现在我不这么想了。

根据上面的常规追踪清单，我们不难推断未来50年的情况。所有先前无法测量的东西都被量化、数字化，并且可以被追踪。我们会持续追踪自己，我们和朋友之间也会互相追踪。企业和政府会对我们实行更多追踪。50年后，无处不在的追踪行为将成为常规。

我在先前的章节“使用”中提到，互联网是世界上最大、最快的“复印机”，任何接触到互联网的事物都会被复制。互联网想要生产更多复制品。起初，这个事实让原创个人和公司深感麻烦，因为他们的作品通常会被不加区分地免费复制，而有些东西原本是珍稀的。有人（最容易想到电影工作室和唱片品牌）反抗这种偏好，而另一些人选择顺应这种偏好。拥抱互联网对复制的偏好，并寻求难以被复制的价值（例如，通过个性化、实体化、权威性获得价值）的人会获得成功，而否认、禁止以及试图贬低复制渴望的人则落后了，将来需要试图赶上。消费者当然喜欢各种混杂的复制品，同时还通过为互联网提供内容获得好处。

对复制的偏好不仅受文化和社会影响，还是由技术决定的。这种偏好在命令经济中，在不同的社会背景下，甚至在另一个星球上也是成立的。既然我们无法停止复制，那么围绕无处不在的复制的法律和社会体制十分重要。我们如何处理创新、知识产权和责任、对复制品的拥有权和获取将会极大地影响社会的繁荣和幸福。无处不在的复制是必然的，但是我们可以对其具有的特征做出重要决定。

追踪也遵循类似的必然变化。把上文中的“复制”换成“追踪”就能把两者进行对比：

互联网是世界上最大、最快的追踪机器，任何接触到互联网的事物都可以，且都会被追踪。互联网想要追踪所有事物。我们将不断地

追踪自己，追踪朋友以及被朋友、公司和政府追踪。追踪曾经是不常见的昂贵行为，因此给公民带来深深的困扰，并且一定程度上来说对公司同样如此。一些人全力对抗对于追踪的偏好，另一些人最终会顺应这种偏好。我相信试图将其规范化、民用化，以及让它更有效的人将会获得成功，而试图禁止它，利用法律排斥它的人将会落后。消费者说，自己不愿意被追踪，但他们其实不断提供数据给这台机器，因为他们想从中获得好处。

对追踪的偏好不仅受文化和社会影响，还是由技术决定的。这种偏好在命令经济中，在不同的社会背景下，甚至在另一个星球上也是成立的。既然无法停止追踪，那么围绕无处不在的追踪的法律和社会体制十分重要。无处不在的追踪是必然的，但是我们可以对其具有的特征做出重要决定。

这个星球上增长最快的就是我们生产的信息量。几十年间，信息的膨胀速度比其他任何事物都要快。信息的积累速度比混凝土用量的增长速度（7%的年增长率）更快，比智能手机或芯片出口的增长速度更快，比污染或二氧化碳这类副产品的产生速度更快。

加州大学伯克利分校的两位经济学家统计了全球信息生产量，计算出新信息正以每年66%速率增长。虽然这算不上天文数字，甚至赶不上iPods 2005年600%的增长量。但是这种激增是短暂的，不会维持数十年（iPod在2009年停产）。另一方面，信息的增长已经持续了至少一个世纪。66%的年增长速度相当于每18个月翻一番，正符合摩尔定律规定的速率。到5年前为止，人类储存了数百艾字节的信息，相当于地球上的每个人拥有80座亚历山大图书馆。而今天的信息量相当于每人拥有320座图书馆。

用信息爆炸来描述这种增长是另一种将其形象化的方式。全世界每秒钟生产6000平方米的信息存储材料，包括光盘、芯片、DVD、纸张、胶片，我们会将数据填在其中。6000平方米每秒的速率大致相当

于原子弹爆炸产生的冲击波传播的速度。信息以类似核爆的方式膨胀。但与真正的原子弹爆炸不同，信息爆炸不会只持续数秒，而会一直进行下去，好比一场持续几十年的核爆。

然而，我们日常生活中产生的大部分信息都没有被捕捉或记录。尽管追踪和存储量呈爆炸性增长，日常生活的主要内容并没有被数字化。这些没有被计算在内的信息是“未开发”或是在“暗处”的信息。开发这些信息将确保我们的信息总量在未来几十年内不断翻倍。

我们会生产关于信息的信息，这导致了每年收集到的信息量不断增加。这类关于信息的信息被称为元信息（**meta-information**）。我们捕捉到的所有数字信息都将促进我们生产与其相关的信息。当我们手臂上的运动手环捕捉到我们行走了一步，就会立即添加一个时间标记数据，接着它会生产更多新信息把这个数据和其他步数信息联系在一起，而当这些时间标记数据被绘制成图表时，又生成了大量新数据。与此类似，当一个年轻女孩在直播视频中弹奏电吉他时，以捕捉到的音乐数据为基础，产生了关于这个视频片段的索引数据，点“赞”的数据信息以及与朋友分享后包含的复杂信息包。捕捉的数据越多，我们基于数据生产的数据就越多。这类元数据的增长速度甚至超过基础信息，并且它的规模几乎是无限的。

元数据是一种新的财富，因为比特与其他比特发生关联时，价值就会提升。比特最低效的呈现方式就是单独且直接地存在。没有被复制、分享或是与其他比特相关联的比特将是短命的。比特最糟糕的未来就是待在某个黑暗、与世隔绝的墓穴之中。它们真正想要的是与其他比特一起出去逛逛、被广泛复制、成为元比特或是一条连续代码中的行动比特。我们可以用拟人的方法这样描述：

比特想要移动。

比特想要与其他比特发生关联。

比特想要被实时测算出来。

比特想要被重复、复制和复印。

比特想要成为元比特。

当然这是纯粹的拟人手法，因为比特是没有意志的，但它们有倾向。与其他比特关联的比特将倾向于被更多地复制。就像自私的基因倾向于自我复制，比特也是如此。同理，就像基因“想要”能够帮助它们自我复制的身体编码，自私的比特也“想要”帮助他们复制和传播的系统。比特的行为方式让它们看上去想要自我复制、移动以及被分享。如果你想依靠比特完成任何事，最好明白这一点。

因为比特想要被重复、复制以及被链接，信息爆炸和科幻小说级别的追踪将不会停止。人类想要得到的很多好处来自于数据流之中。目前最主要的问题是：我们想要选择哪种全面追踪的方式？“他们”了解我们，而我们对“他们”一无所知，我们想要这种单向的环形监狱式的追踪吗？或者我们可以建立一个互动、透明的“互相监督”机制，其中包含对监督者的监督？第一个选择是地狱，第二个则容易驾驭。

从前的小镇就是标准的情形。街对面的女士会追踪你的一举一动。她透过窗户瞥一眼，就知道你什么时候去看病，什么时候买了一台新电视以及谁周末和谁待在一起。同样，你也透过窗户看她，知道她周四晚上干什么，在街角的药店把什么东西放进篮子里。互相监督对双方都有好处。如果她不认识的人趁你不在时进入你家，她就会报警。当天她不在家时，你会帮她查收邮箱中的信件。小镇上的互相监督是对称的，所以有效。你知道谁在看你，知道他们如何使用你的信息。信息是否准确，使用是否得体，你都可以向他们问责。受监督时，你也可以从中得利。最终，人们的处境是一致的。



今天我们被追踪时会感到不适，是因为我们不清楚谁在监督我们，以及他们知道多少信息。我们无法决定他们如何运用我们的信息。信息需要纠正时，我们无法向他们问责。他们记录我们时，我们无法记录他们。并且被监督能得到哪些好处并不明朗。彼此的关系是不平衡、不对称的。

无处不在的监督是必然的。因为我们无法让这个机制停止追踪，我们只能让人们之间的关系更对称。实现文明的互相监督需要技术的修补和新的社会准则。科幻小说家大卫·布林（David Brin）用他的书名《透明社会》（*Transparent Society*）形容这样的世界。这种设想如何运作呢？考虑一下我在“分享”那一章中描述的去中心化的开源通货——比特币。比特币将经济体中的每一笔交易公开记录在一本公共账目上，使得所有的金融交易公开透明。交易的有效性由用户之间的相互监督而不是中央银行的监督实现。还有一个例子，一种开放式的加密软件PGP [\[5\]](#) 基于任何人都能查看的代码，包括一个公钥，因此人人都可以信任并验证。这些创新发明没有补救现存的信息不对称的问题，却展示了由相互警惕的机制驱动的体系如何运行。

互相监督的社会中会出现一种权利意识，即每个人都有权获取关于自己的数据，并从中受益。但是每种权利都伴随着义务，因此每个人都有义务尊重信息的完整，负责任地分享信息并接受他人监督。

用法律限制追踪的扩张或许就像用法律禁止复制一样无效。我是泄露上万份美国国家安全局机密文件的检举人爱德华·斯诺登的粉丝，因为我认为包括美国政府在内的许多政府最大的过失就是隐瞒它们实行追踪的事实。强大的政府在追踪我们，并且这种追踪完全不对称。我为斯诺登的检举叫好不是因为它会减少追踪行为，而是因为它能增加透明度。如果我们能让追踪重新变得对称，可以追踪那些追踪我们的人；如果我们能让追踪者负法律责任（应当出台相关法规），并且

为信息的准确性负责；如果我们能让利益更明显且与我们更相关，那么我想追踪的扩张将是接受的。

我希望朋友把自己当个体看待，为了建立这样一种关系，我必须保持开放和透明，并和他们分享我的生活。我也希望公司将我当个体看待，因此我必须保持开放、透明并与它们分享信息。我还希望政府把我当个体看待，因此我必须向它们公开个人信息。个人化和透明度之间有一种对应关系，个人化程度越高所需的透明度就越高。绝对的个人化（虚荣）需要绝对的透明度（无隐私）。如果宁愿保持隐私，不对朋友和机构开放自己，那么我必须接受个性不受重视的一般化对待。我将成为一个平均数。

现在，想象一下这些选项被固定在一根滑动轨道的两端，左端是个性化和透明，右端是隐私和一般化。滑块可以向两边或中间的任何位置滑动，而这个位置代表我们重要的选择权。让人人都感到意外的是，当技术让我们进行选择（保有选择权十分重要）时，人们倾向于将滑块推向个性化和透明的那端。心理学家在20年前不可能预料到这一点。如果今天的社交媒体教会我们一些关于人类的东西，那就是人类分享的冲动胜过保持隐私的愿望。这让专家们感到惊讶。至今为止，当面临选择的时候，我们一般倾向于更多地分享、揭露以及变得更加透明。我会这样总结：虚荣战胜了隐私。

人类曾经世代生活在部落或宗族之中，那时我们所有的行动都是公开、可见的，没有秘密可言。我们的心智在持续的互相监督下演化。从演化角度来说，互相监督是我们的本性状态。我认为，与诸多现代怀疑态度相反，人与人之间形成循环监督的世界不会受到强烈抵制，因为我们曾经像这样生活了数百万年。如果能实现真正的平等和对称，我们会感到舒适。

这个假设并不容易达成。显然，我与谷歌或是我与政府的关系天生就是不平等的。它们能够获取每个人的“生活流”，而我只能获得自

己的，这意味着它们握有质量更高的资源。但是，如果能保留一些对称性，让我成为它们更高地位的一部分，承担更多它们的责任，并能从它们提供的更好视角中获益，或许事情是可行的。可以这样说：警察当然会视频监控公民。然而只要公民也能视频监控警察，并且能够获取警察的视频，这种情况尚能接受。虽然问题并没有最终解决，但是想要透明社会就必须开始行动。

那么，该如何处理我们曾经称之为隐私的状态？在一个人们相互之间保持透明的社会，匿名有没有存在的空间？

网络让如今比过去任何时候都更有可能真正实现匿名，但它同时使得在现实生活中真正实现匿名难上加难。我们在掩盖身份的道路上每前进一步，就会在揭开身份使自己完全透明的道路上更进一步。我们既有来电显示，也有来电隐藏，后来又有了来电过滤。接下来，生物特征监测（虹膜+指纹+声音+面部+心率）让我们无处可藏。当一个人的任何信息都能被找到并存档时，世界上就没有隐私可言了。因此，不少聪明人渴望找到方便的匿名手段作为隐私的避难所。

然而，在我见过的任何系统中，当匿名变成常态时，系统必然失败。充斥匿名者的社群要么自行毁灭，要么从完全匿名变成伪匿名状态。比如，在eBay和Reddit中，不断产生的昵称背后都有一个可以追踪的身份。著名的非法团体Anonymous由一群完全匿名的流动临时志愿者组成。他们是一群没有固定目标的义务警察。他们会让某家信用卡公司瘫痪，或者捣毁伊斯兰国好战分子的推特账户。但是当他们不断制造麻烦时，很难说他们对于社会的贡献总体上是正面的还是负面的。

在一个文明社会中，匿名好比稀土金属。大剂量的此类重金属是已知的对生物体最致命的毒素。然而，这些元素却是维持细胞生命的必需成分。但是，保持健康所需的量少到难以测量。匿名也是一样的。难以察觉的少量匿名情况对系统来说是好的，甚至是必要的。匿

匿名者让偶尔的告密行为成为可能，并且能保护受迫害的边缘人以及不被社会所容的人。但是当匿名大量出现时，将会危害系统。

匿名是一种逃避责任的手段。因此，推特、YikYak、Redditt等网站上，大多数粗暴的骚扰都是匿名的。不用负责任的状态最大程度上释放出人类的恶。

一种流行的危险观点认为，设计系统时应当支持方便的匿名手段，用来克服对隐私的窥探。这就如同提高人体内的重金属含量，让人变得更强壮。

隐私只能通过信任获得，而信任需要稳固的身份作基础。结果是信任越多，责任越大，情况越好。就像微量元素一样，匿名者永远不应当被完全清除，但我们必须保持其数量尽可能接近于0。

数据领域的一切都趋向无限，至少是宇宙量级。在一个星球的数据量面前，一比特的数据实在微不足道。我们根本无法实际测量一个星球的数据量。事实上，已经没有合适的形容词来表示这个新领域到底有多大。你的手机的容量是吉字节级别的。太字节是我们曾经无法想象的，而如今，我的桌上就有三样容量达到太字节级别的东西。艾字节是目前地球的数量级。可能几年后我们就会达到泽字节级别。尧字节是目前有官方测量的最大数量级科学术语，更大的数量级如今还是空白。直到今天，超过尧字节的数量级还是没有被正式命名。但是，再过20年左右，我们将飞跃到尧字节级别。我提议，任何超过尧字节级别的东西都用“zillion”（无限多）来形容，这是一个涵盖所有新数量级的灵活概念。

量变将引起质变。更高的数量级带来差别。计算机科学家J.斯托斯·霍尔（J.Storrs Hall）写道：“如果一种东西的数量足够多，那么它很可能表现出少量单一个体所不具备的属性。根据我们的经验，万亿级别的差距不可能只是量的不同，一定还有质的区别。”一万亿倍的差

距相当于一只微不足道的尘螨和一头大象之间的差异，或是50美元和整个人类的经济产出总量的差别，又或是一张名片的厚度和地球到月亮的距离之间的区别。

这种差别是“无限多级”的（zillionics）。

一万亿神经元提供的智慧是用一百万神经元无法企及的；一个zillion数据点提供的洞察力用千百万数据点是无法得到的；一个zillion芯片联网创造的一个悸动、振颤的统一体用一千万芯片是无法完成的；一个zillion超链接生成的信息和行为是用几十万链接无法想象的；社会网络在“无限多级”的领域中运行着。人工智能、机器人以及虚拟现实技术都需要对“无限多级”的掌握。但是掌握“无限多级”需要的技术令人望而生畏。

在这个领域中，用来管理大数据的一般工具不太起作用。最大似然估计（MLE）的统计预测方法无法起作用，因为在“无限多级”范围内，估算最大的可能性是不太可能的。即时地操控“无限多级”量级的信息需要全新的数学领域、完全不同的软件算法以及彻底创新型的硬件。这里包含多少机会啊！

“无限多级”量级的新型数据编排方式需要一台全球规模的机器。这个机器的原子就是比特。就像原子构成分子一样，比特可以构造复杂的结构。当复杂程度变高时，比特从数据升级成信息，进而成为知识。数据最强大的地方在于它们能够以各种方式重组、重建、重用、重设、重混。比特想要互相关联，一个比特单位的数据参与的关联数越多，就越强大。

问题是，今天大部分的可用信息都是按照只有人类能理解的方式编排的。手机里的一张快照包含着一串50,000,000比特的信息，它们按照人眼能够解读的方式编排。你阅读的这本书包含的700,00比特的信息按照英语语法规则编排。但是我们到达了极限。人类不可能触碰，

更别说处理“无限多级”数量的比特。为了发掘我们正在获得或创造的“无限多级”字节级别数据的全部潜能，需要把比特按照机器和人工智能能够理解的方式编排。当自我追踪得到的数据能被机器知化时，它们将为我们提供全新、新奇、先进的了解自身的方式。几年后，当人工智能可以理解电影时，我们就能用全新的方式赋予“无限多级”的视觉信息不同的目的。人工智能会像我们分析文章一样分析图像，因此，它们将像我们写作时重组文字和短语那样轻松地重组视觉元素。

基于“解绑”这个概念的新产业在过去20年里逐渐涌现。技术创业公司能将旋律从歌曲中解绑，将歌曲从专辑中解绑，从而颠覆了音乐产业。革新性的iTunes售卖单曲而不是专辑。从先前的混合形式中提取或萃取出来的音乐元素能够重组成新的合成体，如可分享的播放列表。大型的综合类报纸被解绑后，分成了分类信息表（**Craigslist**）、股市行情（**Yahoo**）、八卦新闻（**Buzzfeed**）、餐馆点评（**Yelp**）以及各种自成一体并自行发展的故事。这些新元素能重新编排并重混成新的文本合成体，例如朋友用推特发布的快讯。下一步就是将分类信息、故事以及快讯再次解绑成更基本的成分，并用意想不到的方式重新编排。就如同把信息打碎成更小的粒子，让它们互相之间产生新的“化学结合”。在未来20年中，最重要的工作就是将我们追踪和创造的所有信息，包括商业、教育、娱乐、科学、体育以及社会关系，等等，放到它们最原始的级别去理解。这项任务规模极大，需要漫长的认知周期。数据科学家们将这个阶段中的信息称作“机器可读”信息，因为参与“无限多级”级别工作的不是人类而是人工智能。当你听见“大数据”这个词时，指的就是这些内容。

包含不同“化学成分”的信息能够产生数千种新的合成体以及新的信息“建筑材料”。无休止的追踪是必然的，但只是一个开始。到了2020年，我们每年能制造540亿个传感器，它们散布在全球，嵌入我们的车里，覆盖在我们身体上，监视着我们的家以及公共街道。这张传感器之网将在未来10年里产生“无限多级”字节的数据，其中每一个比

特又能创造出双倍数量的元比特。经过实用人工智能的追踪、解析和知化，这片浩瀚的信息“原子海洋”会被塑造出上百种新形态、新奇产品以及创新服务。更高层次的自我追踪带来的可能性会让我们感到震惊。

---

[1] 双盲测试，指将提示信息，如品牌、名称等对测试者进行隐瞒，以免让其预先产生偏见的测试，现广泛应用于各种实验和市场营销中。——编者注

[2] 一个移动APP，可以整合你的E-mail账户，并且将其中所有附件都整理在一起，让你能够在简单的界面上方便查找。——译者注

[3] 是一家基于用户地理位置信息的手机服务网站，鼓励手机用户分享自己的所在位置。——编者注

[4] 一种智能计步器，可以记录使用者的步伐，并且能够计算出其在跑、坐、走等活动中消耗的能量。——编者注

[5] 一种电子邮件加密软件，可以用来对邮件保密，以防止非授权者阅读，并且能够通过添加数字签名等措施使收信人确认所收信件未被篡改。——编者注

## 第11章

### 提问 Questioning

我对人性和知识本质的诸多认识都被维基百科颠覆了。刚开始，我和许多人一样，认为维基百科不可能成功，如今它却已经众所周知。它是一部百科全书式的在线参考资料，出人意料的是，无需许可，全世界任何人都能随时对它的内容进行补充或修改。雅加达的一个12岁孩子如果愿意，也可以编辑“乔治·华盛顿”这个词条。我过去认为年轻人和无聊的人爱捣乱，而网上这样的人不在少数，他们会让人人都能编辑的百科辞典成为泡影。我还认为那些尽责的内容提供者免不了会夸大或记错事实，让我们更难获得可靠的内容。根据自己20年的上网经验，我觉得不能信赖一个随机的陌生人提供的内容，而一群随机内容提供者聚集在一起将造成一团混乱。由专家创建的网页，如果没有编辑过也不能让我信服。一部未经编辑的百科全书，完全出自业余人士乃至不学无术者之手，似乎注定没有价值。

基于对信息结构的了解，我深信，没有刻意的大量精力和智力活动投入带来的转变，知识不会自发地从数据中产生。我曾经参与过盲目的集体写作，结果都只会产生平庸、劣质的内容。这种形式发生在网络上又有什么区别呢？

因此，当第一部标准的在线百科辞典（当时叫做Nupedia）在2000年推出时没有大获成功，我并不觉得意外。尽管人人都能编辑辞典，但是Nupedia要求新内容必须由一批其他内容提供者花费漫长的时间进行重写，这让新手感到气馁。然而，Nupedia的创始人另外建立了一个易用的维基网站，方便人们编辑内容。令人倍感意外的是，由于任何人无需等待他人审核就能自行编辑或发布内容，人们主要的活动反而



都在维基网站上。我当时对这个网站的期望值并不高，如今它已经换了一个名字——维基百科。

我当时的想法大错特错。维基百科的成功不断超越我的期许。根据2015年的最新统计，它拥有3500万篇文章，涵盖了288种语言。这项成就值得炫耀。美国最高法院引用它，全世界的中小學生依靠它，所有的记者和终身学习者借助它迅速了解新知识。人性的种种缺陷没有阻止它的持续进步。因为最少的规则限制，人们的弱点和美德都转化成了公共财富。维基百科的成功说明，借助恰当的工具，重新找回被破坏的内容（维基百科上的恢复功能）比创建一篇破坏性的文章（蓄意捣乱）更容易，因而好的文章会更普及并且质量逐步提高。人数相同时，借助恰当的工具，合作团体的成就能超越一群有野心的竞争个体。

集体向来能够放大某种力量，就像城市和市民之间的关系一样。但让我惊讶的是，我们对于工具和监管的需求如此之少。虽然在最初10年有所增加，维基百科的行政系统规模相对来说依然很小，人们几乎看不见。然而，最让人惊喜的是，我们并不知道维基百科这股力量能走多远，不知道“维基化”智力活动的极限在哪里。它能编写教科书，制作音乐或电影吗？它能制定法律或实施行政管理吗？

别急着说“不可能！”，让我们等着瞧。我有充足的理由相信，业余人士不可能制定法律，但是维基百科已经让我的想法改变了一次，我不会再轻易下结论。我们认为维基百科不可能成功，但它却成了现实。它属于理论上“不可能”做到而实践中却能完成的事情之一。一旦经历过这种事情，你不得不改变想法，期待其他类似的事情发生。说实话，其他的出版领域也尝试过维基模式，但并未获得广泛成功。方法和程序的错误导致维基百科最早版本（Nupedia）失败，有鉴于此，合作的教科书、法律以及电影或许需要更先进的工具和方法。

我并不是唯一一个改变想法的人。一旦你在成长过程中已然了解维基模式的可行性，一旦你认为开源软件显然比精打细磨的专门产品更好，一旦你确信分享自己的照片和其他数据比保管它们更有意义，那么，这些想法将使我们更激进地倾向于秉持公共财富的观念。曾经被认为不可能的事情如今已变得理所当然。

维基百科还改变了我的其他看法。过去，我是一个坚定的个人主义者，一个倾向于自由论的美国人，而维基百科的成功让我对社会力量产生了新的认同。如今，我更关注集体的力量以及个人在面对集体时产生的新义务。除了拓展公民的权利，我还想拓展公民的义务。我深信维基百科的影响力还没有被完全发掘，它改变人们想法的力量正在潜意识中影响着全世界的千禧年一代，为他们提供了一个有益的蜂巢型心智的实例，并且使人们相信，“不可能的事”也能够做到。

更重要的是，维基百科让我更愿意相信“不可能”发生的事能够实现。在过去几十年中，我不得不接受那些曾经被认为不可能实现结果却能够实施的好点子。比如，1997年，我第一次遇到在线跳蚤市场eBay的时候就曾疑惑：为买一辆从未亲眼见过的二手车，我难道要把几千美元转账给一个远方的陌生人？以我对人性的了解，我觉得这件事情行不通。可如今，陌生人之间的汽车交易已经成了颇为成功的eBay公司的主要利润中心。

20年前，我或许会相信，2016年时我们的手持设备上会有全世界的地图。但是，我不太可能相信设备上有许多城市建筑的街景图，有显示公共厕所位置的“应用”，还有关于步行和公共交通的语音提示，并且地图及这些功能竟然都是免费的。这在当时看来似乎完全不可能做到。如今，丰富的免费内容已经出现在亿万台手机上。这听上去似乎还是难以置信。

那些被认为不可能的事情如今发生的频率越来越高。过去，大家都曾经认为，人们不会分文不取地工作。即便真的不要报酬，没有老

板，也制造不了有用的产品。然而今天，一些在软件工具上实现的经济成果完全是由志愿者不计报酬或是在没有老板的情况下创造的。过去，大家都曾经认为，人们天生希望保护隐私，但现在，从早到晚完全公开分享这种“不可能”的事情还是出现了。过去，大家都曾经认为，人们大多数时候总是懒惰的，他们宁愿观看而不愿意去创作，永远不会离开沙发创作自己的视频，数百万业余爱好者制作的几十亿小时的视频应当不可能出现——和维基百科一样，**YouTube**在理论上是不可能成功的。但是，“不可能”的事又一次在实践中成为现实。

每天都有过去不可能的事变得可能，并且这种情况会持续下去。但，为什么是现在？是什么打破了“可能”和“不可能”之间古老的界限？

在我看来，如今发生的那些“不可能”的事都体现了一种更高级的新型结构。它们是大规模分享带来的，更准确地说，是大规模合作和大量实时社会互动的结果。相对于一堆细胞，组织是一种更高级的新型结构；相对于人类个体，新的社会结构好比组织。在两种情形中，新的层级结构都会酝酿出新的事物。新的层级中发生了低层级中不可能出现的行为，就好像组织能够做到细胞完成不了的事。维基百科、**Linux**、脸谱网、优步、互联网，甚至人工智能这类群体结构能够完成工业时代人类无法完成的事。

长期以来，人类都在发明新的社会组织形式——从法律、法庭、灌溉系统、学校、政府、图书馆直到文明本身这个规模最大的组织。这些社会工具让我们成为人类，使我们的行为从动物的视角看来是“不可能”的。比如，人类发明了书写记录和法律后，一种在我们的灵长类近亲中不可能实现的公正变得可能，这种公正在口头文化中同样不会出现。灌溉和农业系统中的合作与协调产生了原本更加“不可能”的诸如预测、事先准备这类行为，以及人类对未来的敏感。人类社会向生物圈展示了各种先前不可能实现的行为。

在现代的文化与技术体系中，技术元素正通过不断发明新的社会结构加速创造新的“不可能”事物。eBay的高明之处在于发明了廉价、易用、快捷的信用评价体系。人们有了这种技术手段，能够快速给予交际圈之外的人永久的信用评价，从而放心地与远方的陌生人进行交易。这项微不足道的创新开启了一种更高级的、新型的协作方式，实现了一种以前不可能做到的新交换模式（陌生人之间的远程买卖）。与此类似，技术保障下的信用加上实时的协调功能成就了打车服务软件优步。维基百科上的“恢复日志”按钮使得修复一篇被蓄意破坏的段落比故意破坏内容更加容易，由此释放出一种信用的新的更高级组织形式，凸显出一种过去从未大规模实现的人类行为。

人们改变社会交往方式的步伐才刚刚启动。超链接、无线局域网以及全球卫星定位服务事实上都是通过技术形成的连接关系，而这类创新刚刚开始，大多数有可能实现的最令人赞叹的交流方式还没有被发明。人类还处于发明真正的全球组织的初期阶段。一旦我们把自己置身于全球实时同步的社会，之前不可能的事将真正开始以爆发的方式变成现实。我们没有必要刻意创造某种全球意识，只需要让每个人都能随时与他人以及其他事物相联通，并能共同创造新事物。有了人类共享的互联互通，现在看来不可能发生的奇迹将变得可能。

我期盼未来几年中自己的想法出现大的改变。我们会惊奇地发现，很多对人类来说“自然而然”的事情其实并非真的如此，而许多“不可能”的事情是可以做到的。更直白地说，如果把联系松散的人类部落中的那些司空见惯的事情放在紧密相连的世界之中，它们或许就会显得不那么自然。大家都以为人类是好战的，但是，随着解决社会冲突的新途径在全球范围内逐渐出现，我预测，有组织的战争对人们的吸引力以及它们的作用都会越来越弱。当然，也有很多难以想象的糟糕的事情我们原本认为不可能发生，但结果却并非如此，因为新技术释放了说谎、欺骗、偷窃、监视和恐吓的新方法。人们在有关网络冲突的国际规定上没有达成共识，这意味着未来几十年内或许会发生意想

不到的“不可能”的恶劣事件。由于全球性的互联互通，一次相对简单的黑客攻击将造成级联式破坏的不断涌现，并且迅速达到难以置信的规模。事实上，全世界的社会结构将在所难免地遭受破坏。在未来的30年里，如果网络和电话系统全部瘫痪一天，那么，这一天带给人们的震惊记忆将在此后的几年里难以消除。

在本书中，我有理由不去关注这些负面内容。任何一项发明都可能被人们用某种方式蓄意利用，从而带来危害。天使般的技术也能被用来研制武器，并且一定有人会这么做。罪犯往往是一些世界上最富创造力的发明家。任何事物中80%的部分都是价值低劣的。然而重要的是，这些负面内容与正面内容一样符合我所描述的普遍趋势。负面事物同样会逐渐经历知化、重混以及筛选。罪行、骗局、战争、欺诈、折磨、腐败、垃圾信息、污染、贪婪以及其他不良欲望都会变得越来越去中心化，并以数据为中心。不管是美德还是邪恶都受同样的生成力量的支配。创业公司和大企业需要一直适应无处不在的分享以及持续不断的屏读，这对犯罪集团和黑客团体来说同样如此。

虽然不符合直觉，任何有害的发明都能给人们提供一个契机，去创造前所未见的有益事物。当然，有益的事物也能（或许一定会）被相应的邪恶想法所利用。善与恶相互激发的循环的加速，让我们看上去像是在原地踏步。每一轮循环以后，我们都能获得前所未有的额外机遇和选择。这一点十分关键。选择的拓展（包括选择去破坏）增加了自由程度，而更多的自由、选择和机遇是我们进步的基础，也是人性和个人幸福的基础。

技术的运作把我们抛向新的层级，开启了一个由未知机遇和令人恐惧的选择所构成的“新大陆”。全球规模的互动带来的后果超出了人类可控的范围。拍级、艾级、泽级以及“无限巨级”的庞大领域让人类难以理解，它们属于巨型机器以及星球级别，对数据量和能量的需求也是非人类的。我们在集体中的行为当然和作为个体时有所不同，但

是我们还不知道会有怎样的区别。更为重要的是，集体中个体的表现也各不相同。

当人类搬进城市并开始建立文明时就在经历类似的变化。不同的是，我们向更高级以及更大规模的全球联通迈进的速率是前所未见的。社会组织形式正朝着极端巨大（比以往任何时候都大）以及极端快速（光速）的方向发生结构性转变，卷入其中的人类将以新的方式互相联通。多数“大家都知道”的关于人类的事情都是基于人类个体的，可10亿人互相联通的方式或许有100万种，其中每种都能透露出有关我们的全新事实，或者创造出我们的新特性。无论哪种情况，人性都在发生变化。

经我们许可，实时、多样以及逐渐具有全球规模的联通方式将出现在大大小小的事物中，而我们会在一个新的层级上运作，由此得到的“不可能”的成就会不断让自己感到惊讶。维基百科包含的“不可能”成分将悄悄退而成为显然的事情。

各种难以置信的现象不断涌现，此外，我们还在迈向一个以不太可能发生的事情为新常态的世界。警察、急诊室医生以及保险代理人已经见到了一些端倪。他们意识到不太可能发生的疯狂事件其实时刻都在发生。例如，一个小偷卡在了烟囱里；一名卡车司机驾车与别的车正面相撞，从挡风玻璃飞出去竟然双脚落地，安然无恙地走开；一头野生羚羊在跳过自行车道时撞倒了一位骑车的人；婚礼上的蜡烛点着了新娘的头发；一个在后院码头钓鱼的女孩儿钓到了一头和人一般大的鲨鱼。从前，这些事情是属于私人的，只会被当作谣言或朋友之间的传闻，很容易让人怀疑。人们不愿意真去相信这些事情。

但如今，它们出现在YouTube上，充斥着我们的视觉空间。你能够亲眼看见这些事情发生。我提到的每一件奇闻异事都有数百万人观看过。

不太可能的事情不光指这些意外。网络上充斥着令人不可思议的表演，有人可以沿着大楼边缘向上飞奔，踩着滑雪板沿郊区屋顶朝下滑，或者眨眼间就能完成“垒杯子”。不只是人类，动物也会开门、骑车和画画。这类事情还包括非凡的“超人”成就——惊人的记忆任务或是对世界各地口音的模仿。在这些极致的技艺中我们看到了人类的超凡之处。

每分钟都有一件不太可能发生的事被上传到网上，而它只是我们一天内看见或听说的数百个非凡事情之一。网络如同镜头，能聚焦非凡的事件并把它们折射成一道能够照亮人们生活的光，把各种稀有事件浓缩在一小段可供观看的日常视频之中。如今，我们几乎整天都在网上，而只要在线，非凡的浓缩片段就能让我们大开眼界。这就是新的常态。

这些“超人”的成就正在改变我们。我们不再只想展示自身，还想要成为最好、最伟大、最非凡的展示者，就像TED视频中的演讲者一样。我们不想观看整场球赛，只想看集锦中的集锦，或者说那些最精彩的移动、接球、跑位、射门以及踢球，越是难以置信，越是“不可能”做到，我们越想看。

我们还想获得关于人类最极致的体验，包括体重最重的人，身高最矮的侏儒，胡须最长的人等等所有这些最牛的事例。这些事例数量一定是稀少的，然而，由于我们每天观看大量最牛事例的集锦视频，它们似乎成了常态。人们向来重视那些关于极端怪异者的照片或绘画（例如早期的《国家地理》或是雷普利的“信不信由你博物馆”<sup>[1]</sup>），但是当我们在牙医诊所排队，拿着手机观看这类视频时，会产生一种亲切感。这些视频十分生动，占据着我们的思绪。我认为已经有证据表明，海量的非凡事例正激励着普通人，让他们敢于做出非凡的尝试。

与此同时，最衰的失败集锦则是另一种极致的呈现。我们每天看着世界上最笨的人做着人们能够想到的最蠢的事情，仿佛置身于一个由最微不足道、最琐碎不堪以及最鲜为人知的吉尼斯世界纪录保持者组成的世界中。每个人的一生中至少有那么一两个奇异的瞬间，因此人人都能保持一项短暂的世界纪录。好消息是，这些事情能让我们了解人类和人生更多的可能性，也就是说，极端主义拓宽了我们的极限；坏消息是，贪得无厌地追求极端状态导致我们对平凡的事物总是感到不满。

这种趋势不会停止。摄像头无所不在，因此当人们在被追踪之下的集体生活不断扩张时，我们会收集到上千个人被闪电击中的视频，因为低概率事件发生的次数比我们料想的更多。当我们穿戴着微型摄像头时，最难实现的事、最极致的成就、最极端的行动将会被记录下来并实时分享到全世界。60亿人各自最非凡的时刻将会充斥网络视频流。从此，我们不是被平凡包围在原地，而是漂浮在超凡之中，超凡随时会变为平凡。因为难以实现的事不断占据我们的视野，直到有一天我们会发现，世界上只剩“不可能”的事情，会觉得这些事情并不是那么难以实现，进而认为“不可能”的事必然会发生。

这种难以实现的状态如同梦境一般。确定性自身已经不像从前那样确定了。就好像当我连接到了一个包含全部知识的屏幕以及由数十亿人交织而成的蜂房后，这一切同时倒映在几十亿玻璃碎片上，此时的真相更难寻觅了。对于任意一条知识，你很容易就能得到一个反对观点。任何一个事实都有它的反事实。互联网的极端超链接属性将让这些反事实凸显出来。有些反事实是荒唐的，有些勉强站得住脚，而有些是有理有据的。这就是知识之屏的诅咒：你不能依赖专家解决问题，因为每个专家都有一个与其相对的反专家。因此，我所学到的任何东西都会遭到无处不在的反事实的侵蚀。



讽刺的是，在全球即时联通的时代，我对任何事情的把握反而变弱了。相比于从专家那里得到事实，我更愿意从网络上流动的事实中拼凑出自己认为确定的事。权威的、唯一的事实变成了一串事实。我不光要知道自己关心的领域中的事实，还要了解任何我接触到的事物，包括我不具备直接相关知识的领域。这意味着必须不停地质疑自以为已经了解的事情。这或许是促进科学发展的完美状态，但它同样说明，我更容易因为某些错误的理由改变自己的想法。

与各种各样的网络挂钩时，我觉得自己就像网络，试图从各种不可靠的内容中获得可靠性。我试着从半事实、非事实或其他散落的事实中拼凑出真相，却发现自己的想法被流动的思考方式（设想、临时想法、主观直觉）吸引，并且倾向于流动的媒体，如mashups、推特ese以及搜索网站。但是当我浏览网上这些流动的想法时，常常感觉像在做一场清醒的梦。

我们不知道人们为什么要做梦，只知道梦满足了意识的一些基本需求。如果有人看着我上网，就能发现我从一个推荐链接跳到另一个时会开始做白日梦。最近，我在上网时梦见自己和许多人一起观看一个光脚男子吃泥土，接着看见一个唱着歌的男孩脸部开始融化，接下来圣诞老人烧掉了一棵圣诞树，后来我漂浮在世界上最高的泥房中，再后来一个凯尔特结自行解开，然后有人告诉我制作透明玻璃的配方，最终我看见自己回到中学时期，骑着一辆自行车。而这些只是某个早晨我浏览网页的头几分钟内发生的事情。漫无目的地跟随着一个个链接，我们会落入一种出神状态，这或许是对时间的可怕浪费，或许和梦一样，是创造性地浪费时间。在网上闲逛时，我们可能陷入一种集体无意识之中。我们点击网页时做的梦可能是让我们能够做同样的梦的一种方法，而梦的内容与我们点击了什么无关。

这场名为“互联网”的清醒的梦同样模糊了严肃的想法和娱乐的想法之间的界限，说得更直白些，上网时我们已经分不清自己是在工作

还是在娱乐。许多人觉得，消除工作和娱乐生活的界限是互联网最让人诟病的一点。上网是代价高昂的时间浪费。网络把琐碎和浅薄带入各个行业。前脸谱网工程师杰夫·哈默巴赫（Jeff Hammerbacher）曾经发出著名的抱怨：“我们这一代中最聪明的人竟然都在思考如何吸引人们点击广告。”有人认为这场清醒的梦带来了令人上瘾的对时间的浪费。恰恰相反，我珍视对时间的“有益浪费”，它是创造力不可或缺的来源。更重要的是，我相信工作和娱乐的合并、严肃地思考和娱乐地思考的结合，是互联网带来的最伟大的创新之一。高度演化的先进社会的理念不就是使人们不再需要工作吗？

我注意到蜂巢式心智已经将我的思考方式充分地推广并散布开来。我的思考方式更偏向行动而不是沉思。当出现一个疑惑或一种直觉，我不会在内心漫无目的地反复咀嚼，让自己的无知不断滋养它。我会开始做事，会迅速行动。我开始寻找、搜索、提问、质疑、突然行动、记笔记、做标记，尝试把一切变为自己的东西。我不会等待，也无需等待。有了一个想法后我会先行动而不是先思考。不少人觉得这恰恰是网络最糟的地方——让我们失去沉思的能力。另一些人觉得这些浅薄的行动只是愚蠢的瞎忙，随大流，或者是行动的错觉。但是我们拿这些与什么相比呢？是与不动脑筋地看电视、在酒吧中懒洋洋地聊天、在图书馆里拖着慢悠悠的步子却找不到心中几百个疑问的答案相比吗？想象一下这一刻正在上网的亿万人。在我眼中，他们并不是把时间浪费在愚蠢的链接上，而是进行着富有成效的思考，包括快速地得到答案、搜索、反馈、做白日梦、浏览、接触不同事物、写下自己的想法、发表哪怕是微不足道的意见。可以把他们和50年前相近数量的看电视或是在躺椅上看报纸的人做比较。

我们在网上肆意“冲浪”，“上蹿下跳”，在各种信息之间切换，刷微博或发送状态，不断熟练地浏览新内容，做白日梦，质疑一切事实。这种新的生活模式并没有错，它体现了一种特征，同时也是对淹没我们的数据、新闻和事实的海洋做出的合理回应。我们必须保持流

动和机敏，流转在各种观点之间，因为这种流动性反映了我们周围动荡的信息环境。这种模式既不是懒惰的失败，也不是放纵的奢侈，而是繁荣发展的必由之路。想在湍急的河流中划独木舟，你的动作必须快如流水；同理，要对付迎面而来的艾字节级的信息量以及各种改变和颠覆的力量，你必须紧跟各个领域前沿的流转速度。

但是不要把这种流动和浅薄相混淆。流动性和互动性同样能让我们迅速把目光转移到比以前更复杂、更庞大、更深奥的工作上。技术给了受众与故事和新闻互动的能力，比如录制节目供以后观看、倒带、搜索、链接、保存、片段剪辑、剪切和粘贴，让人既能得到完整版也能得到简化版。导演们开始拍摄情景剧，而且是许多年才能讲完的大型连续故事。其中的经典大作如《迷失》《太空堡垒卡拉狄加》《黑道家族》《火线》，都包含多条交织的剧情线、多位主人公以及难以置信的角色深度。这些错综复杂的作品对持续注意力的要求不仅超越从前的电视剧和电影，甚至能让狄更斯以及其他昔日的小说家感到吃惊。狄更斯或许会惊叹地问道：“你是说观众不仅跟得上剧情，还想看更多集？能坚持很多年？”以前，我绝不相信自己会享受如此复杂的故事，或者花时间关注它们。如今，我的注意力水平已经增强了。与此类似，电子游戏的深度、复杂性以及对投入程度的需求与冗长的电影或名著不相上下，仅仅熟练掌握一些游戏就需要花费50小时以上。

然而，各种新技术其实都成了一种东西，它给我们的思考方式带来了最重要影响。看上去，你先是没完没了地看微博，网上“冲浪”或是逛YouTube频道，接着仅仅用几分钟时间浏览书籍的片段，之后终于回到你的工作报表或是翻看手机频幕。事实上，你在一天中花费的这十几个小时都在关注同一种无形的东西。这个机器（或是庞大的平台，又或是巨大的杰作），伪装成了亿万个联系松散的碎片。我们不容易看到这个整体。尽管是事实，但是高薪的网站主管、成群的网络评论人以及不太情愿自己的影片在网上播放的电影大亨不相信他们只

是一场全球表演中的一些数据点。只要身处40亿面屏幕的任意一面中，我们就是在参与并试图回答一个开放的问题——这个无形的东西是什么？

计算机制造商思科（Cisco）估计，到2020年，互联网上除了几百亿面屏幕还会有500亿的各类设备。电子产业领域预计将有10亿可穿戴的设备，用来追踪我们的活动，并将数据加入“流”中。我们还能预计将有130亿让智能家居生活更有生气的家用装置，如Nest恒温器。30亿设备将被置入在线汽车。1000亿的RFID（无线射频识别）技术将内置在诸如沃尔玛超市货架上的产品中。这就是物联网，是我们制造的所有东西的梦想之地，也是实现不太可能的事情的新平台。它是用数据建成的。

与信息关联但不等价的知识，正在以类似信息膨胀的速度爆炸式增长，每两年翻一番。而几十年来，每年发表的科学论文数量增长的速度甚至更快。纵观上世纪，全世界每年的专利申请数量呈指数增长。

我们对宇宙的了解大大超出一个世纪之前的人类。关于宇宙物理法则的新知识被我们运用到诸如GPS和iPods这样的消费品上，以及用来延长自身的寿命。望远镜、显微镜、荧光镜、示波器让我们得以用不同的方法观察世界，而一旦我们开始使用新工具，就能迅速瞥见新的答案。

然而科学包含一个悖论。每个答案都会孕育至少两个新问题，因此，使用的工具越多，答案就越多，相应的问题也会更多。望远镜、放射镜、回旋加速器、粒子加速器不仅拓展了我们的知识，还拓展了我们不知道的东西。最近，受到过去发现的帮助，我们发现宇宙中96%的物质和能量是看不见的。宇宙不是由我们上世纪发现的原子和热量构成，而是由被我们称为“暗物质”和“暗能量”的未知存在构成。“暗”是无知的一种委婉说法，因为我们确实不知道宇宙中大部分

物质由什么组成。更深入地研究细胞或者大脑，我们将发现自己对此同样无知。我们甚至说不出自己不知道什么。上述的这些发明能帮助我们窥探自己的无知。在科学工具的帮助下，如果知识真呈指数增长，我们应该很快就能消除困惑。然而实际情况是，我们不断发现更大的未知领域。

因此，虽然我们的知识量呈指数增长，但是问题的数量同样会以指数级的更快速率增长。数学家会告诉你，两条指数曲线之间逐渐拉开的差距本身就是指数级的。这个差距就是我们的无知，它正在呈指数增长。换句话说，科学作为一种手段，主要增长了我们的无知而不是我们的知识。

没有理由认为这一点在未来会发生改变。一项技术或工具的颠覆性越强，它生成的问题越具有颠覆性。我们可以预计，人工智能、基因操控、量子计算这些近在咫尺的未来技术将接二连三地释放新的重要问题，即我们从没想过要问的问题。事实上，保险地说，我们还没有问出最重要的一些问题。

每年，人们在网上的提问多达2万亿个，而搜索引擎给出了相应数量的答案。其中大部分答案质量很高，不少答案令人拍案叫绝，而他们都是免费的！互联网即时搜索出现之前，没有一定的花费不可能得到这2万亿个问题的答案。当然，答案只是对用户免费，而谷歌、雅虎、Bing以及百度这类搜索公司创建这些答案却是需要一定费用的。2007年，我计算出谷歌回答每个提问需要的成本大约是0.3美分，并且这个数额可能逐年下降。根据我的计算，谷歌从放置在每条搜索或答案周围的广告中得到的收益为27美分，这让他们能轻松地提供免费答案。

我们永远都有问题。30年前，最大的答问业务是电话查询台。在谷歌之前我们有“411热线”。每年人们拨打通用“信息”号码“411”约60亿次。过去，另一个搜索工具是黄页。根据黄页协会的统计，20世纪

90年代，50%的美国成年人每周至少使用一次黄页，查询两条内容。当时的美国成年人口数约两亿，黄页的使用数量也就是每周两亿次左右，一年则有104亿次查询。这个数量不可小觑。另一个寻找答案的经典场所是图书馆。20世纪90年代，美国的图书馆年访问人次约10亿，其中3亿左右是“查询业务”，也就是提问。

虽然在30年前，仅美国一年就有一百多亿人次查询答案，但是当时没人会相信免费或以低价格提供答案竟然可以是一桩820亿美元的生意。没有多少读过MBA的人梦想着填补这方面的需求。人们对提问和答案的需求是潜藏的。在搜索功能没有实现之前，人们并不知道迅速得到答案如此有价值。2000年进行的一项研究表明，每个美国成年人平均一天在线就4个问题寻找答案。以我自己的生活为例，我问的问题更多。谷歌告诉我，2007年的某个月我问了349个问题，平均每天10个，而问题数量的峰值出现在每周三上午11点。我问谷歌一年中有多少秒？它迅速告诉我答案——3150万秒。我问谷歌所有的搜索引擎每秒的搜索总次数是多少？它告诉我60万次，或者说600千赫的频率。互联网回答问题的频率和电波一样快。

尽管答案是免费的，它们的价值却是巨大的。密歇根大学的三位研究员在2010年进行了一项小实验，试图了解普通人可能为搜索付出多少代价。他们的方法是，让一座藏书丰富的大学图书馆里的学生回答一些谷歌上的提问，但是只允许使用图书馆里的资料。他们测量学生回答一个问题的平均用时，结果发现是22分钟。谷歌回答同一个问题的平均用时为7分钟，整整少用15分钟。以美国人22美元一小时的平均时薪来算，谷歌搜索一次节省1.37美元。

2011年，谷歌的首席经济学家哈儿·范里安（Hal Varian）用另一种方法计算出回答一个问题的平均价值。他揭示了一个惊人的事实：根据返回的cookies等判断，谷歌的用户平均每天只搜索一次。这指的当然不是我这样的用户。我的高频率搜索行为与诸如我母亲这样几周搜

索一次的人相抵消。由于问题变得廉价，我们问的问题更多了，而范里安使用一些数学方法补偿了这个因素，并计算出搜索为每个人每天节省3.75分钟。使用之前的薪资标准，人们每天节省0.6美分。如果你觉得时间很宝贵的话，我们不妨把这个值估算为1美元。人们愿意为了搜索每天支付1美元，即每年350美元吗？或许吧。当然，我自己绝对愿意。用另一种方法描述，他们可能愿意为每一次搜索支付1美元。经济学家迈克尔·考克斯（Michael Cox）问他的学生是否愿意完全放弃互联网，得到的答案是哪怕给100万美元他们也不愿意放弃。这件事发生在智能手机流行之前。

我们提供高质量答案的能力越来越强。只需用自然的英语提问，iPhone的语音电话助手“Siri”就能作答。我本人经常求助“Siri”。想了解天气情况时，只要问：“‘Siri’，明天天气怎么样？”安卓用户可以询问“谷歌即时资讯”来了解他们的日历相关的信息。IBM的“沃森”证明，大多数与事实相关的问题，人工智能都能迅速准确地找到答案，部分原因是：对于先前问题的正确回答会增加人们问下一个问题的可能性，同时，过去的正确答案使得创建下一个答案更加容易，并增加了答案语料库的整体价值。我们向搜索引擎提的每个问题以及任何被我们视作正确的答案，都能改善这个过程智能水平，提高引擎将来回答问题的价值。当我们知化更多书籍、电影以及物联网时，答案将无处不在。我们正迈向每天询问几百个问题的未来生活。大多数问题和自己以及朋友相关：“珍妮在哪儿？下一班巴士是几点？这种零食好不好？”每个答案的“制作成本”将微不足道。寻求答案的这种搜索将不再是发达国家的奢侈品，而是全世界的必需品。

我们很快就能用交谈的口吻询问“云端”任何问题。如果问题已经有了确定的答案，答题机器会向我们说明。比如，谁赢得了1974年年度最佳新秀奖？天空为什么是蓝色的？宇宙会一直膨胀下去吗？久而久之，它会学着清楚地说明什么是已知的，什么是未知的。就像人们在回答问题时一样，它可能需要先和我们对话以消除歧义。如果可

能，答题机器会毫不犹豫地提供关于任何主题的深刻、模糊以及复杂的事实性知识，这一点与人类不同。

即时可靠的答案带来的最主要的结果并不是一片和谐的满意之声。丰富的答案只会生成更多问题！根据我的经验，一个问题越容易回答，答案越有价值，生成的问题则越多。尽管机器能够无限拓展答案，我们提出新问题的时间却有限。提出一个好的新问题与吸收一个答案的时间不成正比。与如今的趋势相反，答案将变得廉价，而问题会变得更 valuable。巴勃罗·毕加索在1964年就聪明地预测到这个结果。当时，他对作家威廉·费菲尔德（William Fifield）说：“计算机是无用的。它们只能给你答案。”

因此，一个到处都是超级智能答案的世界鼓励人们对完美问题的追求。什么才是完美的问题？讽刺的是，最好的问题不是能让我们得到答案的问题，因为随处可见的答案正变得越来越廉价。

一个好问题值得拥有100万种好答案。

一个好问题就像爱因斯坦小时候问自己的：“如果和光线一起旅行，你会看到什么？”这个问题开启了相对论、质能方程 $E=MC^2$  以及原子时代。

一个好问题不能被立即回答。

一个好问题挑战现存的答案。

一个好问题与能否得到正确答案无关。

一个好问题出现时，你一听见就特别想回答，但在问题提出之前不知道自己对此很关心。

一个好问题创造了新的思维领域。



一个好问题重新构造自己的答案。

一个好问题是科学、技术、艺术、政治、商业领域中创新的种子。一个好问题是探索、设想、猜测，是能带来差异的分歧。

一个好问题处于已知和未知的边缘，既不愚蠢也不显而易见。

一个好问题不能被预测。

一个好问题是机器将要学会的最后一件东西。

一个好问题将代表受教育的头脑。

一个好问题能生成许多其他的好问题。

我们想用问题和答题机器做什么？

我们的社会正在从严格的层级制度向流动的去中心化方向发展。这是一个从名词向动词，从可触摸产品向无形生成物，从固定媒体向混杂媒体，从存储向流动，从确定的答案向不确定的问题转变的过程。当然，我们永远需要事实、秩序以及答案发挥作用。它们并没有离开，而是和微生物以及混凝土材料一样，成为文明的大块基石。但是最宝贵的方面，也就是生活和技术中最活跃、最有价值以及最多产的那一面将位于前沿之中，处在充斥着不确定性、混沌、流动性以及各种问题的边缘地带。能够生成答案的技术将继续得到重视，以至于答案会变得即时、可靠、无所不在，并且几乎免费。但是能够帮助我们生成问题的技术将获得更多青睐。引擎生成了不安于现状的人类能够探索的新领域、新产业、新品牌、新可能性以及“新大陆”，与此相随，提问机器将会适时出现。

提问比回答更有力量。

---

[\[1\]](#) 世界上最大的奇趣博物馆，位于伦敦，于2008年开业。里面展有来自世界各地的奇趣的人、物，每年都吸引大量游客来此参观。——编者注

## 第12章

### 开始 Beginning

千年之后，当历史学家回溯过往时，会认为第三个千禧年的开端是一个古老的绝妙时代。在这个时代中，地球上的居民首次把自己与一种巨大的事物相连。未来，它的规模将会继续增加，但是如今，你我正生活在它刚刚苏醒的时刻。未来的人会羡慕我们，希望自己也能亲眼见证它的诞生。这些年里，人类开始用微小的智能让没有生气的物体变得活跃，把它们编织进云端机器智能这张大网中，并将数十亿心智与一个超级心智相连。这个聚拢的过程将被当作这个星球上迄今为止发生的最重要、最复杂也是最令人惊叹的事件。用玻璃、铜和电磁波组成神经，人类这个物种开始将所有的地区、过程、人口、人工制品、传感器、事实和概念编织成一张复杂到难以想象的巨网。在网络的胚胎期，我们的文明中产生了一种协作界面，或者说是一种能超越任何先前发明的能够感觉和认知的设备。可以称之为有机体或机器的这项巨大发明容纳了所有其他的机器，因此，它实际上如此深入地渗透进我们的生活，以至成了与我们身份相关的必要内容。它为我们这样的旧物种提供了一种包括完美的搜索、完整回忆、全球高度的视野在内的新型思考方式，以及一种全新的心智。这是一个开始。

开始的过程将会延续一个世纪之久。前进的道路并不明朗，常常会因为太过平凡而被人忽略。庞大的数据库和广泛的交流本身并没有什么趣味。这个刚刚起步的全球心智的许多荒谬和令人害怕的方面将被淘汰。我们的诸多担心是合理的，因为这股突兀的力量在人类文化甚至自然界当中，几乎无孔不入。然而，由于人类本身就属于这个在更高层级上运作的事物，它正在显现的轮廓变得模糊了。我们唯一知

道的是，它在最初阶段就搅乱了旧的秩序。人们对它的强烈反对是意料之中的事情。

我们应当把这个巨大的事物称作什么？它比机器更有生命力吗？在它的核心部位是70亿（不久将变成90亿）的人类。他们很快就被这个从不间断的互联互通的层级包裹，并且，一个人的大脑很快就能和其他人直接连通了。H.G.威尔斯把这个巨大的事物想象成一个世界大脑。德日进（Teilhard de Chardin）把它称为心智圈<sup>[1]</sup>，即人类思想领域。有人把它叫做全球化心智。因为它确实包含数十亿硅制“神经元”，所以还有人把它比作全球化超级有机体。为了简便一些，我把这种全球级别的层级叫做“霍洛斯”（holos）。霍洛斯包括所有人的集体智能、所有机器的集体行为、自然界的智能相结合形成的整体以及出现在这个整体中的任何行为。这一切加起来就是霍洛斯。

正在生成的事物规模巨大，让人难以理解。它是人类有史以来最大的创造物。让我们以硬件为例。如今，40亿部手机和20亿台计算机连接到一个遍布全球的紧密“大脑皮层”中，其中还有数十亿周边芯片，以及从照相机、汽车直到卫星的附属设备。在2015年，150亿设备接入了一个大型的“大脑回路”之中。任何一个设备都包含100万~400万晶体管，因此，霍洛斯在十万亿亿（ $10^{21}$ ）晶体管上运行。这些晶体管可以被想象成巨型大脑中的神经元。人类大脑约有860亿神经元，比霍洛斯少了4亿倍。

从数量级来看，霍洛斯的复杂程度已经大大超越了人类大脑。我们大脑的体积不可能几年翻一番，而霍洛斯的大脑却能够做到。

如今，霍洛斯的硬件就像一台巨大的虚拟计算机一样。它包含的芯片数量和一台计算机中的晶体管数量一样多。这台虚拟计算机的顶层功能运行的速度与一台早期个人电脑相当。它每秒能处理100万封电子邮件或100万条信息，这大体上能说明，霍洛斯目前的运行频率为1

兆赫。它的外部存储空间总量约为600艾字节。1秒钟内将有10太比特的信息穿过它的“脊柱神经”。它的免疫系统十分强大，能清除主干中的垃圾，并能通过绕开受损部位自行修复系统。

谁在编写代码，让这个全球化系统发挥作用并取得成效呢？答案是人类自身。我们可能会觉得，自己无心地上网浏览或给朋友发东西只是在浪费时间，其实，我们每点击一次链接就强化了霍洛斯大脑中某个节点的功能，其实就是在为他编程。人类通过每天在网页上点击1000亿次来告诉霍洛斯人类的想法是重要的。我们每强化单词之间的一次联系，就是在告诉它一个想法。

这就是我们生活的新平台。它是国际性的，并且永不停止工作。以如今的技术普及速度看来，我预计到2025年，地球上每个公民都将使用这个平台。每个人都处在平台之中，或者说，人人都是这个平台。

这个庞大的全球系统不是乌托邦。即使再过30年，云端中的各种阻拦还将存在，部分内容会被防火墙阻挡、被审查删除或是被盗版。垄断企业将会控制系统的基础结构，但这些互联网巨头脆弱、短命，还容易被竞争对手迅速取代。尽管人们普遍都能获取基本的上网资源，但高级的资源分配是不平均的，并且主要集中在城市地区。富人能够优先获取资源，简而言之，资源的分配和如今的现实世界有异曲同工之妙。不过，资源最匮乏的人也是这个系统的一部分。

现在，在开始阶段，这个不完美的互联网实时覆盖510亿公顷的地面，触及150亿的机器，占据40亿人类的心智，消耗地球上5%的电能，以非人类的速度运行，在白天的一半时间里追踪我们，并且是货币的主要流通渠道。这个组织的规模已经大幅超越了我们目前建造的最大的系统，即各类城市。层级上的跳跃让我们联想到一些物理学家所说的相变，即分子状态的不连续变化，比如从冰到水，或者从水到水蒸气。温度和压力的变化本身并不能带来改变，分子间的基本关系

在临界点上发生重组才让物质表现出全新的特性。于是水和冰呈现出两种完全不同的状态。

最初看来，这个规模巨大、无处不相连的新平台就像我们传统社会的自然延伸。它似乎只是在已有的面对面的关系中加入了虚拟关系——我们只是在网上加了几个好友，扩大了朋友圈，增加了新闻的来源，让我们的行动更加数字化。但事实上，就像温度和压力慢慢升高，当这些事情持续稳定地发展，我们会到达一个拐点，或是一个复杂的零界点，在这里，变化是不连续的。于是相变发生了——我们会突然处在全新的阶段。那是一个具有新常态的不同世界。

我们正处在这个过程的开始，那个不连续的变化刚刚露出一些端倪。在新体系中，诸如中央集权以及统一性之类的旧文化力量会消失，而我在本书中描写的分享、使用以及追踪这类新的文化力量将主宰我们的机构和个人生活。当新阶段逐渐稳固，这些新力量的影响将越来越大。有些人认为我们分享的内容已经太多了，但其实大规模分享才刚刚开始。我们从拥有权到使用权的过渡才刚起步。各种各样的“流”都还只是“涓涓小溪”。看上去我们已经被过度追踪，然而未来几十年内，我们被追踪的程度将是现在的千倍；高度的知化会让我们现在从事的最智能的事情看上去十分蠢笨。它同时会大大加速其他变化的进程。而这些转变都不是最终的，只是一个生成过程的第一步。这是一个开始。

从人造卫星拍摄的地球夜晚的照片上，我们能一窥这个巨大机器的模样。骚动的城市群中，耀眼的灯光勾勒出这片黑暗土地上如同有机体的图案。城市边缘的灯光逐渐变暗，只留下细长的高速公路与遥远的城市群相连。向外发散的灯光道路就像树突的形状，让人倍感熟悉。城市群就像神经节细胞，而高速公路则是向突触所在的位置延伸的细胞轴突。城市就是霍洛斯的神经细胞，而我们身处其中。

这个处在胚胎阶段的巨大事物已经至少连续运行了30年。我不知道其他还有哪种机器能够不间断地运行如此漫长的时间。或许它的某个部分会因为供能中断或级联式地感染病毒而暂时停摆，但是，再过几十年，这个整体都不太可能停止运转。它已经成为我们拥有的最可靠的人造物，并且很可能一直保持下去。

这幅正在显现的关于超级有机体的画面让科学家们想到了“奇点”的概念。“奇点”是从物理学借用的一个概念，用来描述一个边界，越过边界一切都是不可知的。在流行文化中则有两种版本：“硬奇点”和“软奇点”。“硬奇点”指的是未来将由超级智能的胜利所奠定。理论上，当我们创造出的人工智能可以创造比自身更聪明的智能时，它就能一代一代地生产越来越聪明的人工智能。事实上，人工智能将会引导自身以级联的方式无限加速生产，使得每一代更聪明的智能都比上一代生产得更快，直到人工智能变得极端聪明，用上帝一般的智慧解决一切现存问题，从而把我们人类远远地甩在身后。有人把这种智能称为我们“最后的发明”。考虑到各种因素，我认为这个设想不太可能实现。

“软奇点”更有可能成为现实。在对未来的这个设想中，人工智能不会像聪明的坏人一样，试图奴役人类。人工智能、机器人、过滤技术、追踪技术以及我在书中列出的其他一切技术将会融合在一起，并且和人类结合，形成一种复杂的依存关系。在这个层级中，许多现象发生的等级将高于现存的生命以及我们的感知水平，而这就是“奇点”出现的标志。这是一种新的系统，在其中，我们创造的东西让自己成为更好的人，同时，我们也离不开自己的发明。如果把我们今天的生活比作固态的，那么这种生活就是液态的，是一种新的相态。

这种相变过程已经开始。人类会紧密相连并汇入一个全球性母体。我们义无反顾地向着这个方向前进。这个母体不是人造物，而是一种过程。我们的新型超级网络是一股持久变化的浪潮，不断推动

着我们的各种新需求和新欲望。我们完全无法预测30年后身边都有哪些产品、品牌和公司。这些完全取决于个人的机遇和命运。但是这个大规模的、充满活力的过程有着清晰无误的整体方向。未来30年，霍洛斯将沿着与过去30年同样的方向挺进，那就是：更多的流动、共享、追踪、使用、互动、屏读、重混、过滤、知化、提问以及形成。我们正站在开始的时刻。

已经开始。当然，也仅仅是个开始。

---

[1] Noosphere，常被翻译为智能圈、心智圈、智慧圈，最早由苏联地球化学家维尔纳茨基提出，指人类活动使生物圈受到影响的部分。德日进发展并普及了这一概念，表示思想、信息和通信的网络包裹着行星。——编者注



## 致谢

感激我在企鹅出版社的编辑保罗.斯洛伐克长期以来支持我努力寻求技术的意义，同时感激我的代理人约翰.布罗克曼，是他建议我写作本书。旧金山的写作辅导专家杰.谢弗给予初稿编辑指导。图书管理员卡米尔.哈特塞尔承担了大部分事实研究工作，并提供了大量尾注。克劳迪娅.拉马尔协助研究，检查事实正误并帮助设计版式。我在《连线》杂志的前同事罗斯.米切尔和加里.沃尔夫艰难地通读了早期草稿，提出了重要建议并被我采纳。撰写本书的这些年里，我从诸多采访对象贡献的宝贵时间中获益良多。这些人包括：约翰.巴特利，迈克尔.奈马克、杰伦.拉尼尔、加里.沃尔夫、罗德尼.布鲁克斯、布鲁斯特.卡尔、艾伦.格林尼、伊森.祖克曼，等等。我还要感谢《连线》杂志和《纽约时报周日版》杂志的编辑，他们在本书部分最初观点的形成中发挥了作用。

最重要的是，本书献给我的家人——嘉敏、凯琳、婷和泰雯，是他们让我脚踏实地并勇往直前。谢谢你们。

凯文·凯利